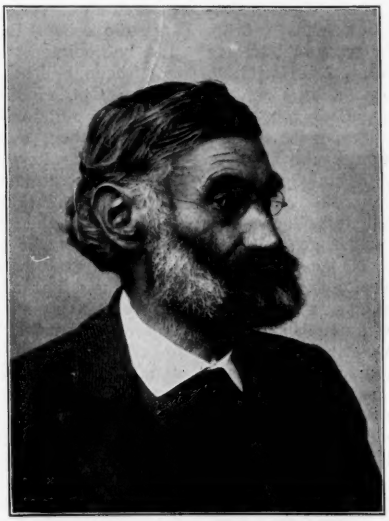
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 26. Januar 1940 | Heft 4

Zu Ernst Abbes hundertstem Geburtstage.

Von WALTER STAHLBERG, Frankfurt a. d. O.

Am 23. Januar 1840 ist in Eisenach als Sohn des Spinnmeisters eines Fabrikbetriebes ERNST ABBE geboren, den wir heute als einen der Großen unserer deutschen Kulturgemeinschaft verehren, nach JOSEF FRAUNHOFER der zweite im Gebiet der Optik bahnbrechende Genius, der als solcher auch in der Geschichte deutscher Wissenschaft und deutscher Technik fortlebt, auf den aber die allgemeine Öffentlichkeit zu seinen Lebzeiten erst spät aufmerksam wurde und dann seine Bedeutung in einer ganz anderen Richtung sah. Noch heute spricht eine solche Verkennung seiner bleibenden Größe aus dem kurzen Text, der im vierbändigen neuen Brockhaus (1938) zu seinem Bildnis gegeben wird: „1870 bis 1896 Professor in Jena. Als Leiter der optischen Werkstätte von CARL ZEISS, deren Weltgeltung auf seinen wissenschaftlich und technisch hochwertigen Arbeiten beruht, ließ er erstmals die Arbeitnehmer am Gewinn des Werkes teilnehmen. Seine wissenschaftlichen Abhandlungen (3 Bände) erschienen 1903—1906." Dazu dann als wesentliche Literaturangabe: WESSELHOEFT, „E. A. als Führer zur Volksgemeinschaft (1927)". Das geniale Schaffen wie das opferwillige Handeln ABBES ist damit nur recht unzureichend gekennzeichnet; und zudem sind die Errungenschaften seiner wissenschaftlichen Erkenntnis, die er in wiederholt betonter Absicht der gesamten Kulturwelt zu freier Verfügung gestellt wissen wollte, soweit sie für die wissenschaftliche Forschung von Bedeutung waren, vereinseitigt und in den Nebensatz gestellt.



Möglich, daß dieses Mißverhältnis auf die bisher einzige ausführliche Schilderung von ABBES „Leben, Wirken und Persönlichkeit" zurückzuführen ist, in der die beiden auf ganz verschiedenen Ebenen liegenden Bereiche seines Wirkens unter den Kapitelüberschriften „Die große Tat" und „Die größere Tat" aufeinander bezogen werden. Neben dieses erste, auf 512 Seiten vieles zusammenfassende biographische Werk, „ERNST ABBE, eine Lebensbeschreibung von FELIX AUERBACH" (Leipzig: Akademische Verlags-Gesellschaft m. b. H. 1918), das den fünften Band von „WILHELM OSTWALD, Große Männer, Studien zur Biologie des Genies" bildet, tritt jetzt gelegentlich des Hundertjahrtages „MORITZ V. ROHR, ERNST ABBE als technischer Optiker und als Errichter der CARL ZEISS-Stiftung". Jena: Gustav Fischer 1940.

M. v. ROHR hat bereits 1918 in der vorliegenden Zeitschrift (Naturwiss. **6**, Nr 22 u. 23) statt einer erbetenen Kritik eine Ergänzung zu AUERBACHS Werk gegeben, indem er in seinen „Erinnerungen an ERNST ABBE und den Optikerkreis um ihn" nach sorgfältigen Ermittlungen und Erwägungen einzelne Schritte des ABBEschen Meisterganges durch die verschiedenen Gebiete der wissenschaftlichen und technischen Optik unter Quellenangabe festlegte und insbesondere auch — ganz gewiß im Sinne ABBES — verdienten Mitarbeitern ABBES aus seinem Jenaer Kreise gebührende Würdigung zuteil werden ließ. Seitdem ist manche im Drange der vorwärtseilenden Entwicklung verlorene Kunde über Vorgänge in den ZEISSschen Werkstätten durch Bemühungen ihrer Angehörigen wieder ermittelt worden, und M. v. ROHR, der selber, besonders seit 1926, bestrebt gewesen ist, gesicherte Einzelheiten über ABBES Tätigkeit zusammenzusammeln, hat das alles in den von ihm herausgegebenen „Forschungen zur Geschichte der Optik" (Beilagehefte zur Z. Instrumentenkde) **2**, 1—119, 160—176, 253—292 und 295—346 in vier Abhandlungen „Zur Geschichte der ZEISSschen Werkstätte bis zum Tode ERNST ABBES" zusammengefaßt. Es ist wohl zu verstehen, daß in ihm, der als sein Helfer der letzte unmittelbare Schüler ABBES gewesen ist, dabei der Wunsch lebendig wurde, die Lebensleistung seines Meisters, an den er immer wieder „mit Ehrfurcht, Bewunderung und Dankbarkeit zurückdenken" mußte, einmal aus eigner Schau zusammenhängend zu schildern. Wenn er jetzt mit seinem Buch über ERNST ABBE hervortritt, so ist dieses wieder eine willkommene Ergänzung zu der AUERBACHschen

Lebensbeschreibung, nicht nur wegen der Mitteilungen, die dort nicht zu finden sind, oder wegen der hier wieder bewährten peinlichen Genauigkeit in der Angabe der einzelnen Tatbestände, auch nicht um mancher Bemerkung willen, mit der er sich gelegentlich mit oder ohne Hinweis auf sie von einer Angabe oder Auffassung AUERBACHS absetzt; vielmehr ist es als Ganzes in Anlage und Durchführung ein wertvolles Gegenstück zu jener älteren, von journalistischem Einschlag und tendenziöser Einstellung nicht ganz freien Schilderung. Kurz könnte man sagen, AUERBACH richtet unseren Blick mehr auf den Menschen, seinen „Helden", v. ROHR mehr auf das Werk seines „Meisters".

Weil es M. v. ROHR vor allem darum zu tun ist, den im Werk sich erfüllenden Genius durch eine Schilderung dieses Werkes uns näher zu bringen, führt er uns gern zu ABBES eigener Darstellung, indem er scharf und sicher gefaßte Berichte über dessen Abhandlungen und Vorträge gibt und dazu Erläuterungen bietet. Auf Umstände und Verlauf des Lebens geht er nur kurz ein, soweit sie ihm als Vorbereitung, Bedingung oder Auswirkung des Werkes wichtig erscheinen. In der Darstellung ist alles gleichmäßig auf ruhige sichere Sachlichkeit gestimmt, auch wo ein Gefühlston von Liebe und Verehrung durchklingt. Aber gerade aus dieser Darstellung, die in völlig selbstloser Hingabe an die Sache selber gegeben ist, spricht der Zauber von ABBES eigenartig begnadeter Persönlichkeit besonders stark zum Leser. v. ROHR bringt vieles nicht oder nur kurz, was bei AUERBACH zu finden und ausführlicher behandelt ist, aber er vermittelt weit ausgiebiger den Einblick in das neuen Grund legende Wirken dieses zweiten deutschen Meisteroptikers. Auf die anschauliche Darstellung des schlimmsten Farbenfehlers, des Farbenunterschiedes der Öffnungsabweichung, und seiner Hebung durch ABBE, und auf die ausgezeichnete Wiedergabe des Wesentlichen aus ABBES Abhandlungen zur Theorie der optischen Abbildung und des Mikroskopes und der mikroskopischen Wahrnehmung, die einige dreißig Seiten, und gar in Petitdruck, einnehmen, sei hier in den „Naturwissenschaften" ganz besonders hingewiesen. Das ganze Buch ist eine wertvolle und ABBES würdige Gabe zu seinem 100. Geburtstage. Welch ein Reichtum an Erkenntnis und Gestaltung ist auf dem Lebensgange dieses Genius eingebracht! Hier sei für die dem Arbeitsgebiet ABBES fernerstehenden Leser nur, ich möchte sagen, das Kernstück seines Forscher- und Erfinderlebens wiedergegeben als ein in sich geschlossener Abschnitt von seiner Einfühlung in die Optische Technik und der ihm hier gestellten Aufgabe an bis zu ihrer, höchsten Anforderungen genügenden Lösung, weil gerade an dieser Aufgabe die in die Tiefe dringenden Einsichten gewonnen wurden, mit denen er seine Großtaten in der wissenschaftlichen und technischen Optik schuf. Dem mit diesem Gebiet enger vertrauten Leser wird mit dem Hinweise auf M. v. ROHRS meisterliche Darstellung der optischen Theoreme ABBES besser gedient sein, als es mit einem Auszuge daraus geschehen könnte; denn sie ist schon selbst in knapper, scharfer Form gehalten, wo jeder Satz sein Gewicht hat, das nicht fehlen sollte.

Mathematisch begründeter Naturerkenntnis und ihrer Wissenschaft zu leben, war immer ABBES sehnlichster Wunsch gewesen. Mit der Habilitation für Mathematik und Physik (8. August 1863) an der Jenaer Universität sah er ihn erfüllt. Er ging ganz in dem freigewählten Berufe auf und ist seinem Beruf des Hochschullehrers im Herzen immer treu geblieben. Doch der Lauf seines Lebens band ihn enger und enger an die ZEISSsche Werkstätte, indem ihm von hier aus sehr bald wissenschaftliche Probleme entgegentraten, die ihn aufs höchste fesselten und immer weiter in ein Arbeitsfeld eindringen ließen, wo er Aufgaben über Aufgaben sah, die seinen Erkenntnisdrang ebenso reizten und befriedigten, wie sie forderten, neue wissenschaftliche Hilfsmittel für die Zwecke des praktischen Optikers bereitzustellen. Wie diese Beziehungen gerade in den ersten Jahren sich entwickelt haben, darüber konnte nichts Genaues mehr festgestellt werden. Doch müssen sie schon 1866 eine bestimmte Form gehabt haben. ABBE wird wohl zunächst sich in die Arbeitsverfahren der Optiker haben einführen lassen, hat dabei das damals allgemein übliche Pröbeln bei der Herstellung der Mikroskopobjektive genauer kennengelernt und hat alsbald darauf hingewirkt, daß die Teilarbeit eingeführt wurde. Die Teile einer Linsenfolge mußten nun einzeln genau nach dem festgelegten Plan des Objektivs hergestellt werden, damit der Aufbau des Objektivs unabhängig von dem persönlichen Einfluß des Arbeiters blieb und alle Objektive eines bestimmten Planes einander in der Ausführung und Güte glichen. ABBE fand dabei in dem ersten Werkmeister A. LÖBER, der von sich aus bereits das FRAUNHOFERsche Probeglasverfahren mit den NEWTONschen Farbenringen wiedergefunden und bei der Herstellung der Linsenflächen zur Prüfung eingeführt hatte, einen verständnisvollen Helfer und schuf selber verschiedene Apparate, die er für seine Messungen und für die Prüfung der Objektive brauchte, darunter auch den später als ABBEschen Kondensor viel gerühmten neuen Beleuchtungsapparat. Der Erfolg war, wie die Preisliste des Jahres 1869 zeigt, daß die seit 1861 im Aufbau festgelegten sechs Objektive der Firma nunmehr gleichmäßiger und billiger angeboten werden konnten. Dasselbe Jahr führte ABBE aber auch an den Punkt, wo die physikalische Optik ihn vor der Aufgabe, die es zu lösen galt, im Stich ließ, wo er also, um weiterzukommen, der wissenschaftlichen Erkenntnis neue Bahn brechen mußte.

Die Werkstätte hatte bisher nicht fertig gebracht, eine Wasserstipplinse (Wassertropfen zwischen Deckglas und Objektiv) zu schaffen, die der von E. HARTNACK gelieferten gleichkam. Konnte ABBE da zum Erfolge helfen? Mit dieser

Frage mutete CARL ZEISS ihm zu, Mikroskopobjektive zu berechnen, wie das seinerzeit FRAUNHOFER schon für Fernrohrobjektive gefordert und gelöst hatte. ABBE ging mit Feuereifer ans Werk. Die Berechnungen waren mühevoll und, was schlimmer war, zunächst erfolglos. Die von der Strahlenoptik gebotenen Grundlagen reichten offenbar für die Berechnung nicht zu. Sie konnten insbesondere eine auffallende Tatsache nicht erklären. Bei gleichguter, zum Teil sogar bei mangelhafter Strahlenvereinigung und unschärferen Bildern, lieferte das Mikroskop mit weiterem Öffnungswinkel feinere Einzelheiten als das mit engerer Öffnung, obwohl der einfallende Strahlenkegel in der Regel nur eine sehr geringe Öffnung wirklich ausfüllte. Worauf beruhte es, daß der doch anscheinend nicht benutzte „dunkle Raum" des weiter geöffneten Objektivs offenbar dennoch für die Bilderzeugung von Bedeutung war? ABBE kam zu der Überzeugung, daß die geltende Vorstellung vom Zustandekommen der mikroskopischen Abbildung falsch sei, und daß hier die Wellennatur des Lichtes durch Beugungserscheinungen eine Rolle spiele. Die einzelnen, das Objekt durchsetzenden Strahlen werden in dem feinen Gefüge des Objekts je zu einem weitgeöffneten Bündel von Strahlen, den sog. Helligkeitsmaximen erster, zweiter, dritter usw. Ordnung, und das Objektiv nimmt bei größerem Öffnungswinkel mehr von diesen Bündeln merklicher Leuchtstärke auf, als bei engem. Aus ihrer Wiedervereinigung entsteht das mikroskopische Bild. — Aber diese Erkenntnis brachte für die Objektivberechnung für stärkere Vergrößerungen noch nicht den Erfolg; die erpröbelten Objektive waren besser als die errechneten. Das wurde erst anders, als ABBE im zweiten Halbjahr 1870 die Strahlenoptik so weit ausgebaut hatte, daß er die entscheidende Bedingung für eine gleichbleibende Vergrößerung eines achsensenkrechten Flächenstückchens durch die verschiedenen Zonen der Objektivöffnung bei weit geöffnetem Büschel aufstellen konnte. Diese „ABBEsche Sinusbedingung" besagt: Für alle Strahlen, die von einem Achsenpunkt der Dingseite zum Objektiv hin ausgehen und sich auf der Bildseite in einem Punkte wieder vereinigen, müssen die Sinusse der Winkel, die jeder Strahl vor und hinter der Linsenfolge mit der optischen Achse bildet, in ein und demselben Verhältnis stehen. Die auf dieser Grundlage errechneten Objektive befriedigten. Die bittere Zeit der Enttäuschung war vorüber, das Pröbeln konnte endgültig verlassen werden. Am 12. Sept. 1871 fanden die Rechenarbeiten mit der Ausführungsvorschrift auch für die damals stärkste Wasserlinse zu großer dankbarer Freude von CARL ZEISS ihren krönenden Abschluß.

Später hat ABBE durch einen überzeugenden Versuch nachgewiesen, daß die erpröbelten guten alten Objektive verschiedener Herkunft durchgängig deshalb besser waren, als seine zuerst errechneten, weil sie die von ihm erst später erkannte und dann bewußt erfüllte Sinusbedingung bereits unbewußt weitgehend erfüllten, was seine Schmerzenskinder eben noch nicht konnten. Wenn bei einem Objektiv für ein Punktepaar auf der Achse die sphärische Aberration aufgehoben und zugleich die Sinusbedingung erfüllt ist, Objekt und Bild für diese Punkte also sich in fehlerfreier Abbildung entsprechen, dann besteht — so hatte ABBE nachgewiesen — für kein anderes Punktepaar auf der Achse noch diese selbe Beziehung: schon für Achsenpunkte in unmittelbarer Nähe des „aplanatischen Punktepaares" tritt Verzeichnung ein. Die Theorie gibt an, welche Linienführung z. B. die Zeichnung im Dingraum haben muß, damit sie an dem konjugierten (zugehörigen) Punkt des Bildraumes ein ebenes Kreuzgitter liefert. Die mathematische Untersuchung führt in dem Fall auf zwei Scharen von Hyperbeln mit gemeinsamen Mittelpunkten. Diese Zeichnung mit ihren krummlinig begrenzten, nach außen immer weiter sich ausdehnenden und immer stärker deformierenden Feldern lieferte, in dem richtigen Abstand vom Objektiv auf den Tisch der bewährten Mikroskope gelegt, für das sorgfältig zur Achse ausgerichtete Auge, das vom Tubusrande ins Rohr hineinsieht, als Bild ein nahe an der hinteren Brennebene des Objektivs in der Luft schwebendes Kreuzgitter mit quadratischen Feldern. Waren die bewußt nach der Sinusbedingung gebauten Objektive auch besser als die erpröbelten, so wertete ABBE die praktischen Optiker in ihrer Kunst um so höher, die nur durch ihr pröbelndes Bemühen mit dem Bau der Objektive schon so weit vorangekommen waren.

Nunmehr lag es ABBE vor allem am Herzen, seine Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung im einzelnen auszugestalten, ihre Richtigkeit durch entscheidende Experimente zu beweisen und die Folgerungen für den Bau des Mikroskopes, für seine Wirkungsweise und die Beurteilung seiner Leistungsfähigkeit zu ziehen. CARL ZEISS hatte für die Bedeutung dieser Untersuchungen volles Verständnis, stellte dafür seine optische, zeitweise auch seine mechanische Werkstätte während der nächsten 4 Jahre unter Aufwendung erheblicher Mittel zur Verfügung und beteiligte sich auch persönlich an den Beobachtungen und Messungen, insbesondere bei Bestimmung des Verhältnisses von Öffnungszahl und Stärke. Diese gemeinsame Arbeit brachte beide Männer einander in gegenseitiger Wertung recht nahe und führte im Mai 1875 zu einem Vertrage, der ABBE engstens an die ZEISSsche Werkstätte band, und zu einer wahren Freundschaft für ihr Leben.

Unter den Bedingungen für die vereinbarte stille Partnerschaft ABBES an der Werkstätte war auch die des Verzichtes auf eine Erweiterung seiner bisherigen Lehrtätigkeit und auf Annahme einer ordentlichen Professur, sie sei denn von der Firma gewünscht oder gebilligt. Dieser Ver-

zicht wird ABBE nicht ganz leicht geworden sein. Er hatte zur Folge, daß er das lockende und ehrende Angebot ausschlug, das ihm HELMHOLTZ persönlich in Jena machte: Übernahme des Lehrstuhls für mathematische Physik und zugleich Stellung als Dritter Direktor des Physikalischen Instituts an der Berliner Universität. Er führte auch zur Ablehnung eines daraufhin ihm angetragenen Ordinariats für Physik in Jena. Die dann erfolgende Ernennung zum Ordentlichen Honorarprofessor konnte er annehmen, sie brachte keine neuen Verpflichtungen, und ABBE hat bis 1898 an der Universität Vorlesungen gehalten. Wohl war mit dem Vertrage seine akademische Laufbahn als Lehrer und Forscher auf dem Gebiete der allgemeinen Physik abgeschnitten. Aber tatsächlich hatte er doch schon durch die Umstände seines Lebenslaufes wie durch willig entgegenkommende Neigung seines Genius in dem Studium der optischen Instrumente, man möchte geradezu sagen, das für ihn besonders bestimmte Arbeitsfeld gefunden, wie er denn auch schon 1874 in die Reihe seiner Vorlesungen eine erste neue aus diesem Sondergebiet einfügte. Wer will sagen, was er auf dem Gebiete der allgemeinen Physik vielleicht Größeres geleistet hätte? Wir bleiben jedenfalls dankbar dafür, daß ihm in der Werkstätte ein fruchtbares Arbeitsfeld zugeeignet wurde, auf dem er die Strahlenoptik für endlich geöffnete Systeme und Objektpunkte endlichen Achsenabstandes, insbesondere auch durch seine für die Beurteilung fast aller optischen Instrumente wichtige Lehre von der Strahlenbegrenzung ausbauen, sein Lebenswerk der wissenschaftlichen Begründung der Berechnung und des Baues der Mikroskope und deren Vervollkommnung zum Nutzen vieler Wissenschaftszweige vollenden und eine Fülle neuer Ideen als Saat ausstreuen und nicht wenige davon selber oder durch andere zur Reife bringen konnte.

Näher kann hier auf seine Untersuchungen der Jahre 1872—1875 nicht eingegangen werden. Sie zeigen ABBE als einen hervorragend gewandten und in der Bereitstellung der erforderlichen instrumentellen Hilfsmittel erfindungsreichen Experimentator und Beobachter. Von den schwerwiegenden Ergebnissen sei nur ein weniges angeführt. Wenn von der Beugungserscheinung alle Strahlenbündel merklicher Leuchtkraft vom Objektiv aufgenommen und wiedervereinigt werden, so wird das Interferenzbild identisch mit einer Abbildung des Objektes Punkt für Punkt. Wenn dagegen nur ein Teil des Beugungsspektrums aufgenommen wird, so ist das Beugungsbild nur das vergrößerte Bild desjenigen Gefüges, dessen vollständiges Beugungsbild mit der aufgenommenen Strahlengruppe übereinstimmt. Daher können ganz verschiedene Objekte dasselbe Beugungsbild ergeben. Gelangen nicht mindestens zwei der Bündel merklicher Helligkeit ins Objektiv, so entsteht überhaupt kein Bild. Je kleiner die Gefügeeinzelheiten sind, desto weiter ist das Beugungsspektrum merklicher Leuchtkraft geöffnet. Schließlich ist auch bei dem größten Öffnungswinkel des Objektivs ihm nur ein kleiner Teil, das mittlere Gebiet der vollständigen Beugungserscheinung, zugänglich. Um so mehr verschwinden die dem Objekt eigentümlichen Merkmale, und man kommt zu einer ganz schematischen Darstellung typischer Form, wozu auch die Streifensysteme und Felderzeichnungen der Diatomeen gehören; und solche Darstellungen brauchen mit den Objekten keinerlei wirkliche Ähnlichkeit mehr zu haben. Man sieht, wie sich hier die Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung bemerkbar macht.

Neben den Arbeiten zum Ausbau und Beweis der Theorie gingen für ABBE Berechnungen neuer Objektive her, in denen der von ihm erst gebührend bewertete Farbenfehler der Öffnungsabweichung behoben werden sollte, der auf die unvermeidlichen Mängel der Farbenvereinigung schiefer Bündel bei völliger Farbenfreiheit in der Mitte zurückzuführen ist. Er war mit den zur Verfügung stehenden brechenden Mitteln, wie ABBE damals meinte, nicht zu beheben. Deshalb fügte er in den „Polyopobjektiven", einer Trockenlinse von 1873 und einer Wasserstipplinse von 1876, ein flüssiges Mittel, eine Mischung von Cassia- und Anisöl, mit niedriger mittlerer Brechzahl, aber hoher Zerstreuung, als sammelnde Linse zwischen einer Kron- und Flintlinse ein. Diese Objektive wurden nur für den inneren Gebrauch der Werkstätte gebaut, um an einem Beispiel zu veranschaulichen, welche Aussichten der Mikroskopbau habe, wenn nur erst neue Glasarten erschmelzt werden könnten mit optischen Eigenschaften, wie sie die bisher allein angebotenen Silikatgläser nicht hatten. „In dieser Zeit" — sagt ABBE später einmal, 20 Jahre zurückschauend — „haben wir neben wirklicher Optik sozusagen Phantasieoptik betrieben, Konstruktionen in Erwägung gezogen mit hypothetischem Glase, das gar nicht existierte, indem wir die Fortschritte diskutierten, die möglich werden würden, wenn einmal die Erzeuger des Rohmaterials dahin zu bringen sein sollten, für fortgeschrittene Aufgaben der Optik sich zu interessieren — was sie aber nicht taten."

Nach einigen Jahren eröffnete sich ihm ein Weg zur Verwirklichung dieses Wunschbildes. 1876 hatte ihn der Preußische Kultusminister zur Begutachtung der Londoner Leihausstellung nach London geschickt; keinem Sachkundigeren konnte der Auftrag zuteil werden. ABBE studierte die Mikroskope von ihm fremder Herkunft gründlich und traf auch bei den besten auf die ihn ständig beschäftigenden Mängel des Farbenunterschiedes der Öffnungsabweichung. Sein eindrucksvoller Bericht betont denn auch geflissentlich, die Vervollkommnung der Mikroskope hänge von einer Vervollkommnung der Glasschmelzkunst ab, für dahingehende Versuche aber, die mühselig, doch nicht einträglich seien, hätten die Glasfabriken nichts übrig. Dieser 1878 erschienene Bericht kam an den rechten Mann, an OTTO SCHOTT, den

Sohn eines Tafelglasfabrikanten in Witten a.d.Ruhr, der sich eingehendem chemischem Studium der Glasflüsse gewidmet hatte und von der durch ABBE gestellten Aufgabe lebhaft angesprochen wurde. 1879 schrieb er an ABBE, und aus dem Briefwechsel entwickelte sich schon 1881 eine Zusammenarbeit beider Männer. Die in Witten erschmelzten Proben wurden in Jena zu Prismen geschliffen und spektrometrisch untersucht. SCHOTT siedelte nach Jena über, und Jahre angestrengter Arbeit folgten, bei der ABBE seine ganze Kraft und Willensstärke für das große zu erreichende Ziel einsetzte. Unter Aufwand bedeutender Mittel wurden in einem „Glastechnischen Laboratorium", das von beiden gegründet wurde und zur Beteiligung an dem ABBE auch seinen verständnisvollen Freund CARL ZEISS und dessen Sohn als „Dritte Person" gewann, auch größere Schmelzen durchgeführt. Aber um zu industrieller Herstellung zu kommen, bedurfte es der fabrikmäßigen Erprobung der Verfahren in einer Glashütte; und trotz aller Opferwilligkeit überstieg deren Bau und Inbetriebhaltung bei sicher Jahre hindurch unrentabler, kaum je sich selber tragender Arbeit die wirtschaftliche Kraft der Gesellschafter. ABBE wandte sich daher an den Preußischen Kultusminister und erbat Unterstützung für ihre völlig selbstlosen wissenschaftlich wichtigen Bemühungen. Aus seinen eingehend begründeten Denkschriften, die 1928 veröffentlicht wurden, ist der gewaltige Umfang der Vorarbeiten zu ersehen. ABBE konnte auch schon auf zwei von ihm errechnete Objektive hinweisen, für deren Herstellung sieben neue Glasarten aus den Probeschmelzungen, und nur solche, benutzt waren und die den gehegten Erwartungen entsprachen. Die Gesuche wurden wohlwollend aufgenommen. Mit einem Zuschuß von 60000 RM. und unter weiteren Opfern der Gesellschafter wurde die Glashütte gebaut, die dann nach sorgenvollen Jahren zu dem Glaswerk Schott und Genossen sich entwickelt hat. Auf ABBE allein aber lag zu allem die Last, die neuen Objektive für die Firma zu berechnen. Sie war weit größer als die der Jahre 1869—1871. Im einzelnen ist darüber nichts bekannt; nur wissen wir, daß ABBE unter dieser Überanstrengung seiner Kräfte im Winter 1885 zusammenbrach. Die Arbeit ist dann mit Unterstützung des im Januar 1886 gewonnenen Helfers P. RUDOLPH von ihm doch zu einem glücklichen Abschluß gebracht worden. Am 9. Juli 1886 hat ABBE vor der Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaften in Jena über die neuen, als „Apochromate" eingeführten Objektive berichtet. Sie sind für mehrere Farben sphärisch korrigiert, also von dem Farbenunterschied der Öffnungsabweichung nun so gut wie ganz befreit. Die Apochromate konnten bei ihrer hohen Vervollkommnung ihren Siegeszug in die mit dem Mikroskop arbeitende wissenschaftliche Welt antreten.

ABBE aber hatte mit den Apochromaten seine 1869 übernommene Aufgabe zu einem glänzenden Abschluß gebracht. Der Hauptteil seiner Lebensarbeit, der in der Geschichte der Optik Epoche gemacht hat, war geleistet. In den Vordergrund traten für ihn von nun an die Forderungen, die sich aus der Leitung der Werkstätte ergaben, besonders seit er nach dem Tode seines Freundes alleiniger Inhaber geworden war. M. v. ROHR behandelt diese zweite Periode von ABBES Schaffen 1886—1902 als die Zeit „vorwiegend sozialpolitischer Betätigung". Er legt kurz die einzelnen Phasen der Entstehung der CARL ZEISS-Stiftung fest auf Grund seines Einblicks in bisher nicht bekannte Privatakten unter amtlichem Verschluß, die der Kurator der Jenaer Universität, H. EGGELING, zum Entstehen der Stiftung angelegt hat. Nach einer ersten Stiftung eines „Ministerialfonds für wissenschaftliche Zwecke" der Universität 1886, die v. ROHR als Dankopfer für die Beendigung der Apochromatrechnungen deutet, und nach Übernahme der Kosten für eine neue Sternwarte der Universität im August 1886 betont auch die erste Fassung ABBES für die CARL ZEISS-Stiftung, in der er ganz auf sein Vermögen verzichtet, zuerst „die Pflege der unter ABBES eigener Mitwirkung in Jena eingebürgerten Zweige wissenschaftlicher Industrie sowie die Förderung mathematisch-naturwissenschaftlicher Studien an der Jenaer Hochschule" und fordert in einem offensichtlich später hinzugefügten Abschnitt 8a „die Erfüllung größerer sozialer Pflichten". Die Auffassung ABBES über diese Pflichten näher zu kennzeichnen, gibt v. ROHR den Inhalt der sozialpolitischen Reden ABBES ausführlich wieder.

ABBE hat die optische Werkstätte und seinen Geschäftsanteil an dem Glaswerk SCHOTT und Genossen der CARL ZEISS-Stiftung, und zwar unter der Form eines Kaufvertrages, übereignet. Den Antrieb aber dazu, in einer so ungewöhnlichen Weise auf sein Vermögen zu verzichten, um dadurch auch ein besseres Recht für den Arbeiter in den Stiftungsbetrieben (Optische Werkstätte und Glaswerk) durchzusetzen, sieht v. ROHR in ABBES Dankbarkeit gegen sein Elternhaus, in dem er seinen Vater unter dem Druck einer 14—16stündigen Arbeitszeit mit 48 Jahren ergreisen sah, und das doch zu seiner Ausbildung opferwillig beigetragen hat, was es irgend vermochte. Und von ebenso tief empfundener treuer Dankbarkeit gegen CARL ZEISS, ohne dessen Vertrauen und Opferbereitschaft er sein hohes wissenschaftliches Ziel nicht hätte erreichen können, fühlt v. ROHR die Wahl des Namens für die Stiftung bestimmt: ABBE erwies seinem Partner und Freunde damit „die größte Ehre, die in seiner Macht lag: Treue um Treue".

Im Interessenkreis der „Naturwissenschaften" liegen aus diesem Teil des Buches die Mitteilungen über die Erweiterung der Werkstätte durch Errichten von neuen Abteilungen (Meß-, Photo-, Tele- und Astroabteilung, Patentabteilung), die von ABBE schon 1879 beabsichtigt, aber, weil CARL ZEISS innerlich widerstrebte, damals nicht durchgeführt wurde. Hier muß aber, auch für

ABBES persönlichen Anteil an den Leistungen der einzelnen Abteilungen, auf das Buch selber verwiesen werden. Erwähnt sei nur, weil für ABBES ganze Auffassung seines optischen Großbetriebes kennzeichnend, daß er auf die Einrichtung der Meßabteilung immer besonderen Wert gelegt hat, weil sie zwar „einer fabrikmäßigen Entwicklung nicht fähig sei, aber wertvoll als eine Schulungsstätte tüchtiger technischer und wissenschaftlicher Kräfte eben durch diese Besonderheit ein Gegengewicht biete gegen das einer fabrikmäßigen Herstellung gemäße Streben, die Aufgaben sämtlich in einer — als wirksam erprobten — Eintönigkeit zu erledigen".

Aus dem Schlußteil von v. ROHRS Buche weise ich noch besonders hin auf den Abschnitt über die Würdigung, die ABBE zu Lebzeiten gefunden hat, und über die Aufnahmen seiner Veröffentlichungen, sowie auf die Bekanntgabe seiner Lehre von den optischen Instrumenten, die ABBE in seinen Vorlesungen behandelt, aber selber nie in voller Ausführlichkeit veröffentlicht hat, durch L. DIPPEL, den ABBE seit 1879 mit der Vertretung seiner Ansichten betraut hat, durch S. CZAPSKI für den Hauptteil der Lehre, d. h. alles, was unter den Voraussetzungen der Strahlenoptik entwickelt worden ist, und durch O. LUMMER und FR. REICHE, die 1910 den Versuch einer Darstellung der Lehre von der Beugung gewagt haben, die sich auf ein vor 5 Hörern im W.-S. 1887/88 von ABBE gelesenes Privatissimum gründet.

v. ROHR schließt sein Buch: „So liegt ABBES Leben vor dem Auge des dankbaren Nachfahren faltenlos und leuchtend ausgebreitet mit seiner Begabung und seinem Fleiß, seiner Dankbarkeit und Treue, seiner Opferfähigkeit und Bescheidenheit. Was er geschaffen, wird noch auf lange Zeit die Entwicklung der technischen Optik bestimmen. Gerade wenn man ihn einem so bedeutenden Vorgänger wie FRAUNHOFER gegenüberstellt, erkennt man, wie er auf allen Punkten dessen Aufgaben dankbar aufnimmt, sie erweitert stellt und mit größeren Mitteln, tiefergreifender Vorbildung und längerer Wirkungszeit löst oder doch der Lösung näherbringt. Mit Recht kann man darauf hinweisen, daß er der Abfassung der Stiftungssatzung seine Gesundheit, den Betrieben und der Stiftung sogar sein Leben zum Opfer gebracht hat. Wohl kann man im Anschluß an seine eigenen Worte von ihm sagen, daß er die Erreichung seiner Ziele höher gehalten hat als sein eigenes Leben."

Verwendung der „Emanierfähigkeit" von Uranverbindungen zur Gewinnung von Spaltprodukten des Urans; zwei kurzlebige Alkalimetalle[1]).

Von OTTO HAHN und FRITZ STRASSMANN, Berlin-Dahlem.

I. Vorbemerkungen und Problemstellung.

Unter den zahlreichen Produkten, die bei der Spaltung des Urans durch Neutronen entstehen, befinden sich auch die aktiven Edelgase Xenon und Krypton. Der erste Nachweis von Xenon wurde seinerzeit von den Verfassern[2]) dadurch erbracht, daß während der Bestrahlung einer Uranlösung ein lebhafter Luftstrom durch die Lösung und die Luft dann nach dem Trockenen über tiefgekühlte Adsorptionskohle geleitet wurde. Aus der mit verdünnter Säure extrahierten Kohle ließen sich dann nach Zugabe geeigneter Träger aktive Isotope von Cäsium und Barium gewinnen. Die Anwesenheit dieser Elemente außerhalb des Urans ist ein Beweis für das Entstehen aktiver Xenon-Isotope, die mit dem Luftstrom aus der Uranlösung entfernt werden. HEYN, ATEN und BAKKER[3]) haben dann nach der gleichen Methode neben den genannten Substanzen auch ein Rubidium-Isotop gefunden, das also auf die Existenz eines Krypton-Isotops schließen ließ. Ein solches wurde dann von LANGSDORF[4]) im Institut von SEGRÈ als verhältnismäßig langlebige Substanz nachgewiesen. Wir selbst haben die Angaben der holländischen und amerikanischen Forscher über dieses Krypton und Rubidium bestätigen können[5]). Es lagen also bisher vor: zwei Xenon-Isotope und ein Krypton-Isotop mit den folgenden Umwandlungsprodukten:

Tabelle 1. Die im Luftstrom bisher nachgewiesenen Xenon- und Strontium-Isotope und ihre Umwandlungen.

$$^{139}_{54}\mathrm{Xe} \xrightarrow[?]{\beta} \mathrm{Cs} \xrightarrow[6\ \mathrm{Min.}]{\beta} \mathrm{Ba} \xrightarrow[86\ \mathrm{Min.}]{\beta} \mathrm{La\ stabil}$$

$$^{}_{54}\mathrm{Xe} \xrightarrow[15\ \mathrm{Min.}]{\beta} \mathrm{Cs} \xrightarrow[33\ \mathrm{Min.}]{\beta} \mathrm{Ba} \xrightarrow[300\ \mathrm{Std.}]{\beta} \mathrm{La} \xrightarrow[36\ \mathrm{Std.}]{\beta} \mathrm{Ce}$$

$$^{85}_{36}\mathrm{Kr} \xrightarrow[3\ \mathrm{Std.}]{\beta} \mathrm{Rb} \xrightarrow[17\ \mathrm{Min.}]{\beta} \mathrm{Sr\ stabil.}$$

Außer den in dem obigen Schema genannten Alkali-Isotopen fanden die holländischen Forscher noch ein aktives Alkalimetall von etwa 1—2 Minuten Halbwertszeit. Sie konnten nicht feststellen, ob es sich dabei um ein Cäsium oder ein Rubidium handelte. Bei ähnlichen Versuchen mit Thorium wurde das kurzlebige Alkalimetall nicht gefunden[1]), weil durch die mit dem Gasstrom ebenfalls übergehende Thoriumemanation sich der aktive Niederschlag ThB + C ebenfalls in der Kohle absetzt und erst abgetrennt werden muß. Die Zeit bis zum Nachweis des kurzlebigen Alkalis aus Thorium wird dadurch zu lang.

Hier lagen also noch eine Anzahl ungelöster Fragen vor, deren Aufklärung aus mancherlei Gründen von Interesse schien. Zu ihrer Beantwortung war es nötig, einen neuen Weg zur schnellen Gewinnung gewisser Umwandlungsprodukte zu beschreiten, denn bei

[1]) Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem. Eingegangen am 16. Januar 1940.

[2]) O. HAHN u. F. STRASSMANN, Naturwiss. **27**, 163 (1939).

[3]) F. A. HEYN, A. H. W. ATEN jun., C. J. BAKKER, Nature (Lond.) **143**, 516 (1939).

[4]) A. LANGSDORF jun., Physic. Rev. **56**, 205 (1939).

[5]) O. HAHN u. F. STRASSMANN, Naturwiss. **27**, 529, (1939).

[1]) A. W. H. ATEN jun., C. J. BAKKER u. F. A. HEYN, Nature (Lond.) **143**, 679 (1939).

den uns zur Verfügung stehenden relativ schwachen Strahlenquellen — Ra + Be-Röhrchen gegenüber starken Hochspannungsanlagen der ausländischen Forscher — konnten wir nicht hoffen, in der bisher von uns verwendeten Arbeitsweise das kurzlebige Alkalimetall in genügender Intensität gewinnen und die Feststellung seiner chemischen Natur durchführen zu können.

Wir machten deshalb von der Methode Gebrauch, die in der Radioaktivität seit vielen Jahren zur Gewinnung des „aktiven Niederschlags", vor allem von Thoron, üblich ist, nämlich das Anreichern des „aktiven Niederschlags" aus einem möglichst hoch emanierenden Präparat an einer negativ geladenen Platte. Die bei der Neutronenbestrahlung des Urans über die aktiven Edelgase Xe und Kr entstehenden Alkali- und Erdalkali-Isotope kann man ja genau so als „aktive Niederschläge" bezeichnen, wie die z. B. aus Radon oder Thoron entstehenden aktiven Blei- und Wismut-Isotope, die B- und C-Produkte der natürlichen Umwandlungsreihen.

Auf die Ausnützung der „Emanierfähigkeit" bestrahlter Uran- oder Thorpräparate zur Gewinnung von Spaltprodukten hat der eine von uns vor kurzem bereits hingewiesen[1]).

Voraussetzung für die Übertragung der alten Arbeitsweise auf unser Problem waren folgende Punkte: 1. Das bestrahlte Uran muß in einer solchen Form vorliegen, daß auch sehr kurzlebige „Emanationen", also Xenon- oder Krypton-Isotope, aus dem Präparat zu erheblicher Menge herausdiffundieren; denn die gasförmige Muttersubstanz des 1—2-Minuten-Alkalimetalls ist vermutlich sehr kurzlebig.

2. Die den „aktiven Niederschlag" sammelnde negativ geladene Platte darf nicht außer den aus den diffundierten Edelgasen entstehenden festen Umwandlungsprodukten die bei der Uranspaltung entstehenden zahlreichen direkten Rückstoßteilchen[2]) sammeln.

3. Das den „aktiven Niederschlag" sammelnde Metallblech darf nicht selbst durch die Neutronen stark aktiviert werden; zum mindesten muß bei der chemischen Abtrennung des oder der zu untersuchenden Alkali- oder Erdalkali-Isotope die Aktivität des Metalls einwandfrei entfernt werden.

Zu 1. Das zu bestrahlende Uranpräparat lag als Ammonuranat vor. Die Ausfällung dieses Salzes geschieht aber nicht, wie beim normalen Arbeiten, durch langsames Zutropfenlassen des Ammoniaks in die heiße Urannitratlösung; ein Verfahren, das zu schnell filtrierenden kristallinen Niederschlägen führt. Sondern die Fällung geschieht durch schlagartiges Ausfällen in der Kälte. Der Niederschlag fällt dabei in äußerst fein verteilter Form aus, der sich nur langsam filtrieren läßt. Besondere Versuche zeigten, daß aus derartigen Präparaten auch die kurzlebigen aktiven Edelgase zu einem erheblichen Teile schnell herausdiffundieren. Das genaue „Emaniervermögen" wurde allerdings noch nicht bestimmt. Ein anderes Ammonuranat wurde durch gleichzeitige Ausfällung mit 20% Eisenhydroxyd hergestellt. Die oberflächenreiche Fremdsubstanz Eisenoxydhydrat soll dabei eine allmähliche Oberflächenverkleinerung des Ursansalzes verhindern. In der Tat „emaniert" dieses mit dem Eisenballast verdünnte Präparat eher noch etwas besser als das reine Uranat.

Zu 2. Die Versuche zum Sammeln des „aktiven Niederschlags" wurden mit dicker Schicht des bestrahlten Uranats vorgenommen. Ausgehend von 5 g, wurden die Mengen schließlich bis zu 50 g Uran gesteigert. Anfangs wurden die Präparate mit sehr dünnem Papier, das die Gase durchläßt, zugedeckt. Dies stellte sich aber als unnötig zum Abfangen des „Rückstoßanteils" heraus, denn der Rückstoßanteil am Blech ist bei unserer Versuchsanordnung gleich Null oder vernachlässigbar klein. Um dies zu prüfen, wurden bei den verschiedensten Arbeitsbedingungen Schwefelwasserstoffällungen mit den gelösten „aktiven Niederschlägen" gemacht. Sie waren immer praktisch inaktiv. Ebenso war das bestrahlte Metallblech inaktiv, wenn es positiv statt negativ aufgeladen war.

In Frage käme ja überhaupt nur der Rückstoßanteil aus den obersten Schichten des Uranpräparats, wozu noch 2—3 cm Luft zwischen diesen obersten Schichten und der Auffangplatte hinzukommen. Die Rückstoßreichweite der Trümmer beträgt aber im ganzen nur $\leq 2{,}1$ cm in Luft. Die aktiven Edelgase diffundieren dagegen aus der ganzen oberflächenreichen Masse heraus. Es gelingt also nach dieser einfachen Methode eine einwandfreie Trennung der aus den Edelgasen entstehenden Spaltprodukte von den übrigen Spaltprodukten. Der Vorteil gegenüber der Durchströmmethode liegt in der viel schnelleren und einfacheren Handhabung.

Zu 3. Sollen sehr schnell zerfallende Substanzen ohne chemische Trennung nachgewiesen werden, dann muß das exponierte Blech unmittelbar zur Messung gelangen. Eine kurzlebige Substanz, die — wie etwa beim Aluminium oder Silber — bei der Neutronenbestrahlung der betreffenden Metalle entsteht, würde dabei natürlich sehr stören. Wir haben als Auffangblech das Cadmium gewählt, dessen aktives Neutronenanlagerungsprodukt von etwa 50 Stunden Halbwertszeit bei kurzen Bestrahlungszeiten von wenig Minuten nicht in nachweisbarer Menge gebildet wird. Bei längerer Bestrahlungsdauer wird das Cadmiumblech merklich aktiv. In diesem Falle handelt es sich im allgemeinen um die Untersuchung chemisch abzutrennender Atomarten, wie Cäsium und Rubidium, Barium und Strontium oder auch Lanthan und Yttrium. Zur Entfernung der mit dem „aktiven Niederschlag" mitgelösten kleinen Menge Cadmium genügt dann eine einfache Ausfällung des Cadmiums aus verdünnter Salzsäure mittels Schwefelwasserstoff.

Nachdem durch Diskussion und Prüfung der obigen Punkte 1—3 die Voraussetzungen für ein fehlerfreies Arbeiten mit dem „aktiven Niederschlag" gegeben waren, wurden die eigentlichen Versuche über kurzlebige Substanzen in zweierlei Weise durchgeführt. Einmal wurden direkte Abklingungsmessungen verschieden lange exponierter Cadmiumbleche durchgeführt. Dabei erhält man einen ungefähren Überblick über die Halbwertszeit der zu erwartenden Substanzen. Dann wurden chemische Trennungsversuche gemacht, vor allem Trennungen der Alkalimetalle von ihren Folgeprodukten. Schließlich mußten dann noch Trennungen der Alkalimetalle voneinander durchgeführt werden; dies alles in möglichst kurzer Zeit.

II. Die zum Sammeln der „aktiven Niederschläge" verwendete Apparatur und vorbereitende Versuche.

Nach einer Reihe orientierender Versuche wurde ein Vakuumexsikkator in geeigneter Weise mit Paraffin so ausgegossen, daß er die Neutronenquelle und eine Metallschale mit oberflächenreichem Uran aufnehmen konnte. Die Schale war mit dem positiven Pol einer

[1]) OTTO HAHN, Ann. Physik (5) **36**, 368 (1939).

[2]) S. z. B. L. MEITNER u. O. R. FRISCH, Nature (Lond.) **143**, 471 (1939).

Hochspannungsanlage verbunden. Verschlossen wurde der Exsikkator mit einem halbkugelförmigen Deckel, der ebenfalls mit Paraffin ausgegossen war und die mit dem negativen Pol der Batterie verbundene Auffängerplatte für den aktiven Niederschlag trug. In dieser Anordnung wurde nun das negativ geladene Cadmiumblech längere oder kürzere Zeit exponiert.

Die Messung der Aktivität zeigte in allen Fällen einen anfänglich sehr schnellen Abfall, der allmählich langsamer wurde. In der Fig. 1 sind drei Kurven wiedergegeben, die bei einer Bestrahlungsdauer des Urans von 18, 6 und 2 Minuten auf dem Cadmium gefunden wurden (Fig. 1). Die Kurven zeigen zunächst, daß man mit der verwendeten Methode auch bei kurzen Bestrahlungszeiten ganz erhebliche Intensitäten von

Der aktive Niederschlag nach verschieden langer Exposition.

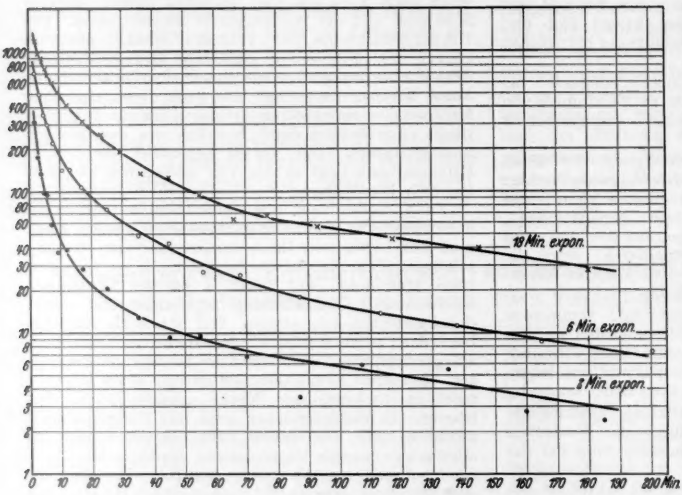


Fig. 1.

„Emanations"-Folgeprodukten an das Cadmium bekommt. Bei der anfänglichen schnell abnehmenden Aktivität handelt es sich zweifellos um das von den holländischen Forschern zuerst nachgewiesene Alkalimetall. Bei längerer Bestrahlung wird dann der Anteil an längerlebigen Atomarten größer, und es liegen komplexe Gemische einer ganzen Anzahl von aktiven Substanzen vor. In der Tat wurden nach noch längerer Bestrahlung bei den chemischen Trennungen alle die in der oben angeführten Tabelle wiedergegebenen Atomarten des Cäsiums, Rubidiums, Bariums und Lanthans aufgefunden. Darüber hinaus fand sich aber auch das in unserem Institut von CL. LIEBER[1]) beschriebene Strontium-Isotop von 6 Stunden Halbwertszeit mit seinem Umwandlungsprodukt Yttrium (3,5 Stunden) und schließlich auch das langlebige Strontium von 54 Tagen[1]). Die beiden letztgenannten Strontium-Isotope müssen also ebenfalls über Rubidium aus Krypton-Isotopen entstanden sein, was bisher nicht bekannt war.

Wir kommen weiter unten noch kurz auf diese Atomarten zurück und wenden uns nun der Aufklärung der den anfänglichen schnellen Abfall verursachenden Substanz oder Substanzen zu.

Zur sicheren Bestimmung der Halbwertszeit ist es erforderlich, aus dem späteren Verlauf der Kurve zu bestimmen, wie die für diesen Verlauf verantwortlichen Körper den Anfangsverlauf beeinflussen. Das ist nicht ganz einfach. Bestrahlt man nämlich nur sehr kurz, dann sind die späteren Werte der Kurve so niedrig, daß die Streuung für eine genaue Bestimmung ihres Verlaufes zu groß wird. Bestrahlt man länger, dann setzen sich die späteren Werte aus so viel Komponenten zusammen, daß ihre Auswertung zu unsicher wird. Eine gewisse Vereinfachung der Verhältnisse ergibt sich allerdings daraus, daß das oder die kurzlebigen Alkalimetalle, wie wir durch besondere Erdalkalitrennungen feststellten, nicht ihrerseits noch kurzlebige Erdalkali-Isotope bilden (s. weiter unten). Daß aber z. B. schon nach 10 Minuten langer Bestrahlung des Urans das Cadmiumblech außer der für den schnellen Abfall verantwortlichen Aktivität und außer dem 6-Minuten-Cäsium mit dem daraus entstehenden 86-Minuten-Barium auch schon deutlich nachweisbare Mengen des aus dem längerlebigen Xenon entstehenden 33-Minuten-Cäsiums (und vielleicht schon Spuren des 17-Minuten-Rubidiums) enthält, wurde dadurch experimentell bewiesen, daß die nach der Bestrahlung auf dem Cadmiumblech abgesetzten Atomarten nach dem Auflösen in verdünnter Säure in 2 Teile geteilt wurden. Aus der einen Hälfte wurde nach etwa 8 Minuten eine Cäsiumfällung gemacht, aus der anderen Hälfte erst nach 40 Minuten; die schnell zerfallende Anfangsaktivität war also in beiden Fällen nicht mehr vorhanden. Das Cäsium der ersten Hälfte enthält dann das 6-Minuten-Cäsium plus dem daraus entstehenden 86-Minuten-Barium plus dem evtl. vorhandenen 33-Minuten-Cäsium. Das Cäsium der zweiten Hälfte enthält nur das 33-Minuten-Cäsium. In allen Fällen enthielt die zweite Hälfte eine gewisse, ungefähr mit der erwarteten Halbwertszeit abnehmende Aktivität. Aber die Intensitäten waren so gering, daß auch mit Zuhilfenahme der bescheidenen Hochspannungsanlage des Instituts keine quantitativen Ergebnisse zu erzielen waren. Theoretische Berechnungen der Intensitäten aus den Halbwertszeiten der einzelnen für den Kurvenverlauf verantwortlichen Substanzen, die Herr Dr. FLÜGGE freundlichst für uns durchgeführt hat, waren ebenfalls nicht sicher genug, weil wir über die Ausbeute bei den einzelnen Prozessen und die Ionisierung der einzelnen Atomarten noch nicht genau unterrichtet sind.

Eine Bestrahlung von 10 Minuten war also schon zu lang für eine sichere Auswertung unserer Kurven. Wir gingen deshalb zu einer Bestrahlungsdauer von 2 Minuten oder nur 1 Minute hinunter. Nach dieser Zeit ist das 33-Minuten-Cäsium noch nicht merklich gebildet und der Kurvenverlauf eines Cäsiumniederschlags, der etwa 8—10 Minuten nach Ende der Be-

[1]) CL. LIEBER, Naturwiss. 27, 421 (1939).

strahlung durchgeführt wurde, entsprach nur noch dem Rest des 6-Minuten-Cäsiums und dem daraus entstehenden 86-Minuten-Barium.

Wir sprachen bisher nur immer von dem 6-Minuten-Cäsium. Die holländischen Forscher haben für diesen Körper aber eine Halbwertszeit von 10 Minuten angegeben. Für die Auswertung der Anfangsaktivität ist eine möglichst sichere Kenntnis dieser Halbwertszeit von ausschlaggebender Bedeutung; denn vorläufige Auswertungen gaben für den Anfang keine ganz gerade Cäsium bezeichneten Cäsium-Isotops und des daraus entstehenden 86-Minuten-Bariums anwesend ist. In der Fig. 2 sind 3 Versuche wiedergegeben, bei denen das Uran 1 Minute, 30 Sekunden und 15 Sekunden lang bestrahlt wurde. Genau ebensolange wurde das negativ geladene Cadmiumblech in dem Bestrahlungsexsikkator gehalten. Um größere Intensitäten zu erhalten, wurde der Exsikkator mit den Radium-Berylliumröhrchen gleichzeitig mit den Neutronen der Hochspannungsapparatur des Instituts bestrahlt[1]) (Fig. 2). Der Teil A

Graphische Auswertung des Aktivitätsverlaufs nach kurzer Bestrahlung.

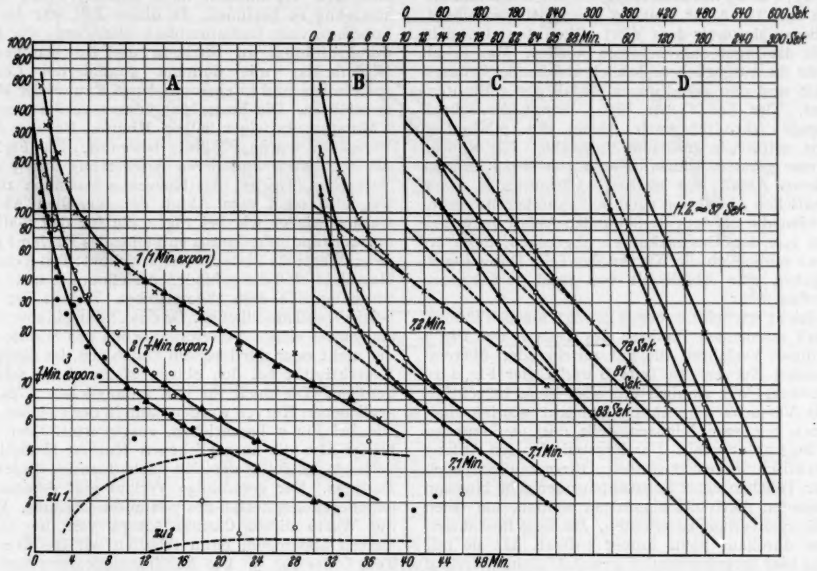


Fig. 2.

logarithmischen Zerfallskurven. Dies spricht für eine komplexe Substanz. Um hier sicher zu gehen, muß man aber genau wissen, was von den Anfangsaktivitäten abzuziehen ist; mit anderen Worten: man muß die Halbwertszeit des „6-Minuten-Cäsiums" sicherer als bisher kennen. Eine ganze Anzahl von Versuchen ergab nun, daß die Halbwertszeit dieses Cäsiums vermutlich doch etwas höher ist als 6 Minuten; die Kurven stimmen besser mit einer 7-Minuten-Periode überein. Wir wählen deshalb von jetzt ab diesen Wert an Stelle der bisherigen 6-Minuten-Periode.

Erst nach diesen etwas langwierigen Versuchen konnten wir nun an die Aufklärung der schnell verschwindenden Anfangsaktivität herangehen.

III. Untersuchung des kurzlebigen „aktiven Niederschlags" ohne chemische Trennungen.

Nach den im vorigen Abschnitt gebrachten Erörterungen haben wir gesehen, daß zur Untersuchung der schnell zerfallenden Anfangsaktivität es zweckmäßig ist, möglichst wenig andere Spaltprodukte dazuhaben; d. h. also, möglichst kurz zu bestrahlen. Man ist dann sicher, daß außer der zu untersuchenden Anfangsaktivität praktisch nur die des nunmehr als 7-Minuten-

der Fig. 2 gibt die direkt erhaltenen Abklingungswerte. In die Kurven 2 und 3 sind die Meßwerte von je zwei Versuchsreihen eingezeichnet. Man sieht, daß man schon bei 15 Sekunden langer Bestrahlung leicht meßbare Anfangsaktivitäten an das Blech bekommt. *Innerhalb dieser 15 Sekunden sind also bereits einige aktive Edelgase entstanden. Sie sind aus der dicken Uranschicht herausdiffundiert (nicht durch Rückstoß herausgeflogen!) und haben ihre Umwandlungsprodukte am Cadmium abgesetzt.* Im späteren Verlauf streuen allerdings die 15 und die 30 Sekundenpunkte recht erheblich. Die 1-Minuten-Kurve ist besser. Nach etwa 10 Minuten ist der sehr schnelle Abfall vorbei. Der weitere Verlauf entspricht nun dem Abfall des 7-Minuten-Cäsiums, der durch die Nachbildung des 86-Minuten-Bariums allmählich langsamer wird. Unter der plausiblen Annahme, daß die Absorbierbarkeit der β-Strahlen des 7-Minuten-Cäsiums in der Wand unseres 100 μ Al-Zählrohrs halb so groß ist wie die seines mit 86 Minuten zerfallenden Umwandlungsproduktes, wurde der theoretische Verlauf der Abklingung des 7-Minuten-Cäsiums

[1]) Für die Vorbereitung und Durchführung dieser Bestrahlungen sind wir Herrn Dr. REDDEMANN dankbar.

berechnet. Die Kurve setzt sich zusammen aus dem geradlinigen Abfall des Cäsiums und der etwa 30 Minuten lang zunehmenden Aktivität des Bariums.

Dieser theoretische Abfall ist in den Kurven 1, 2 und 3 des Teils A der Fig. 2 eingezeichnet. Die Dreiecke geben die theoretischen Werte. Man sieht, daß die gefundenen Aktivitätswerte sich befriedigend dem zu erwartenden Verlauf der Abklingung anschließen. Die Übereinstimmung ist bei der 1-Minuten-Kurve sehr gut.

In dem Teil B der Fig. 2 ist nun jeweils die Zunahme des 86-Minuten-Bariums von den ausgeglichenen Kurven 1, 2 und 3 des Teils A abgezogen. Die Zunahmekurven sind bei A für 1 und 2 gestrichelt gezeichnet; für 3 liegen sie unter dem Wert 1, konnten also nicht mehr in die Figur aufgenommen werden. Man erhält nunmehr die ausgeglichene schnell abfallende Anfangsaktivität und den geradlinigen Abfall des 7 Minuten-Cäsiums. Der Teil C der Fig. 2 bringt die schnell zerfallende Aktivität nach Abzug des 7-Minuten-Cäsiums, zeitlich in größerem Maßstabe. Die Kurven sind keine geraden Linien. Sie zeigen einen anfangs schnelleren Abfall, der nach 4—5 Minuten in einen exponentiellen Abfall von rund 80 Sekunden übergeht.

Werden die zu dem 80-Sekunden-Abfall gehörigen Kurven von den Gesamtkurven abgezogen, dann erhält man schließlich die Kurven des Teils D der Fig. 2. Sie ergeben eine Abfallszeit von rund 36 Sekunden oder etwas mehr.

Vielleicht erscheint es etwas gewagt, aus den immerhin stark streuenden Punkten des Teils A der Fig. 2 durch dieses Verfahren die gut miteinander übereinstimmenden Kurven des Teils B und C der Fig. 2 zu konstruieren. Wir glauben uns aber dazu berechtigt, weil die Versuche sehr häufig gemacht worden sind, teils auch mit zwei Minuten, teils mit 30 Sekunden langer Bestrahlungszeit. Das Ergebnis für den Anfang war praktisch immer dasselbe. Öfters mußten auch ein paar Teilchen einer konstanten oder sehr langsam abnehmenden Aktivität abgezogen werden, um einen guten Kurvenverlauf zu erhalten. Da diese Restaktivität aber durchaus nicht immer auftrat, hat sie mit dem uns hier interessierenden grundsätzlichen Verlauf der Aktivität nichts zu tun, sondern hat andere Gründe (schwache Aktivierung des Cadmiums und seiner eventuellen Verunreinigungen durch die Neutronen der Quelle, geringe Infektion usw.).

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß die schnell zerfallende Anfangsaktivität nicht von einer, sondern von 2 Substanzen etwas verschiedener Halbwertszeit, und zwar von rund 40 und rund 80 Sekunden herrührt. Und zwar handelt es sich, wie wir sehen werden, um 2 Alkalimetalle. Erdalkalimetalle, an die man auch noch hätte denken können, konnten ausgeschlossen werden (s. weiter unten).

IV. Identifizierung des 40-Sekunden-Körpers als Cäsium.

Zur Feststellung der chemischen Natur der kurzlebigen Stoffe mußten nunmehr Trennungen durchgeführt werden. In Frage kamen Cäsium- und Rubidiumfällungen und Trennung dieser Elemente voneinander. Auf der Suche nach einer möglichst schnell durchführbaren einwandfreien Cäsiumfällung fanden wir die Reaktion von Cäsiumsalzen mit Silikowolframsäure. Diese Reaktion hat die sehr angenehme Eigenschaft, daß sie charakteristisch ist für das Cäsium. Rubidium wird nicht gefällt und bleibt, wenn in wägbaren Mengen anwesend, unter geeigneten Bedingungen quantitativ in Lösung. Wir prüften dies einerseits analytisch chemisch; andererseits hat Herr Dr. BOMKE im Institut mehrmals eine optische Prüfung auf Rubidium in den nach unserem Verfahren hergestellten Cäsiumniederschlägen durchgeführt. Er fand einen Gehalt von ungefähr 0,1% Rubidium in dem Cäsium, wenn die Fällung mit gleichen Gewichtsteilen Rubidium und Cäsium vorgenommen war.

Die Fällung wurde in der Kälte aus stark salzsaurer Lösung durchgeführt. Der Niederschlag von Cäsiumsilikowolframat fällt schlagartig. Filtriert wurde er durch Membranfilter, mit Äther ausgewaschen, trocken gesaugt und so schnell wie möglich gemessen. Durch Einspielen aller Handgriffe gelang es, die Messung 1,2—1,4 Minuten nach Unterbrechung der Bestrahlung zu beginnen. In dieser Zeit war die aktive Substanz vom Cadmiumblech abzulösen, die Fällung durchzuführen, zu filtrieren und zu waschen; der Niederschlag mit dünnem gummierten Cellophan zuzudecken und in einem anderen Raume der Messung zuzuführen. Die Bestrahlungsdauer variierte zwischen 2 Minuten und einer halben Minute. Bei den meisten Versuchen wurde 1 Minute bestrahlt. Die Fig. 3 gibt die Ergebnisse und deren Auswertung aus 3 solchen Versuchen (Fig. 3). Als Kurvenverlauf nach 10 Minuten, also nach dem Abfall der schnellen Aktivität, wurden wieder wie bei Fig. 2 die für das 7-Minuten-Cäsium (und sein daraus entstehendes Barium) berechneten Werte als Dreiecke eingezeichnet: Teil A der Fig. 3. Man sieht, daß die gefundenen Meßpunkte trotz starker Streuung sich dem theoretischen Verlauf der Kurve befriedigend anschließen. Da das Cäsiumsilikowolframat, als solches einige Aktivitätsteilchen pro Minute zeigte, die nicht oder nur langsam abnahmen, ist diese kleine Restaktivität bei den obigen Meßpunkten schon abgezogen. Die auch für den anfänglichen Abfall ausgeglichenen Kurven wurden dann in der gleichen Weise, wie bei Fig. 2 beschrieben, ausgewertet. Der Teil B bringt also die ausgeglichenen Kurven abzüglich der geringen Aktivität des sich nachbildenden 86-Minuten-Bariums. Der geradlinige Verlauf gibt demnach den exponentiellen Zerfall des 7-Minuten-Cäsiums. Werden die Werte dieses Cäsium-Isotops von den Gesamtkurven abgezogen, dann erhalten wir die Werte des Teils C der Fig. 3. Die Abklingungskurven sind exponentielle gerade Linien. Als Halbwertszeiten finden wir Werte zwischen 39 und 41 Sekunden. Von dem in Fig. 2 anwesenden längerlebigen Produkt von ungefähr 80 Sekunden Halbwertszeit ist nichts zu sehen.

Es besteht also kein Zweifel darüber, daß der 40-Sekunden-Körper ein Isotop des Cäsiums ist, während der etwas längerlebige Körper von 80 Sekunden Halbwertszeit sicher etwas anderes, und zwar vermutlich Rubidium, sein muß. Im nächsten Abschnitt wird der Beweis für diese letztere Annahme erbracht.

V. Identifizierung des 80-Sekunden-Körpers als Rubidium.

Die Suche nach einem guten spezifischen Fällungsmittel für das Rubidium war weniger erfolgreich als beim Cäsium. Die für Rubidium als charakteristisch angegebene Fällung als saures Tartrat geht für unsere Zwecke nicht schnell genug; sie ist überhaupt nicht sehr angenehm. Dagegen wird das Rubidium genügend schnell in gut filtrierbarer Form als Rubidiumzinnchlorid (Rb_2SnCl_6) aus heißer, stark salzsaurer Lösung mit alkoholischer Zinnchloridlösung gefällt. Der Nachteil dieser Reaktion ist aber der, daß auch das Cäsium mitgefällt wird. Wir haben von dieser Reaktion Gebrauch gemacht, da uns keine bessere zur Verfügung stand. Es wurde folgendermaßen gearbeitet. Die mit heißer Salzsäure vom Cadmiumblech gelösten aktiven

Abscheidung des kurzlebigen Cäsiumisotops.

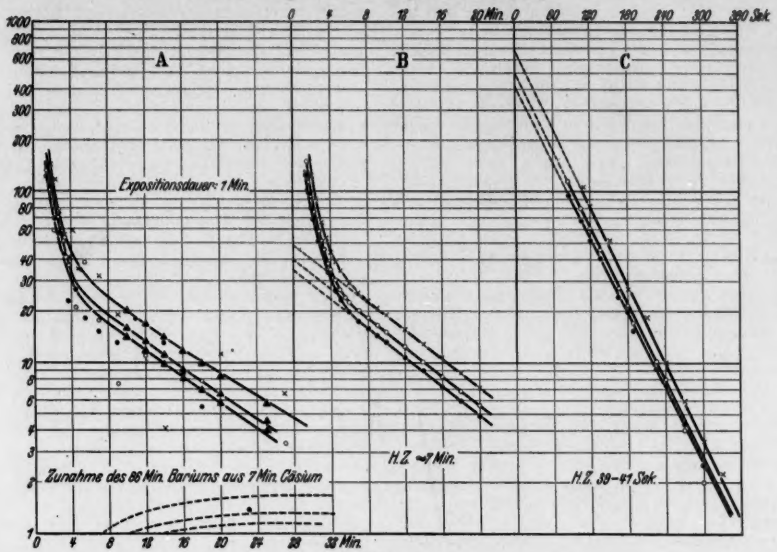


Fig. 3.

Gemeinsame Abscheidung der Cäsium- und Rubidiumisotope.

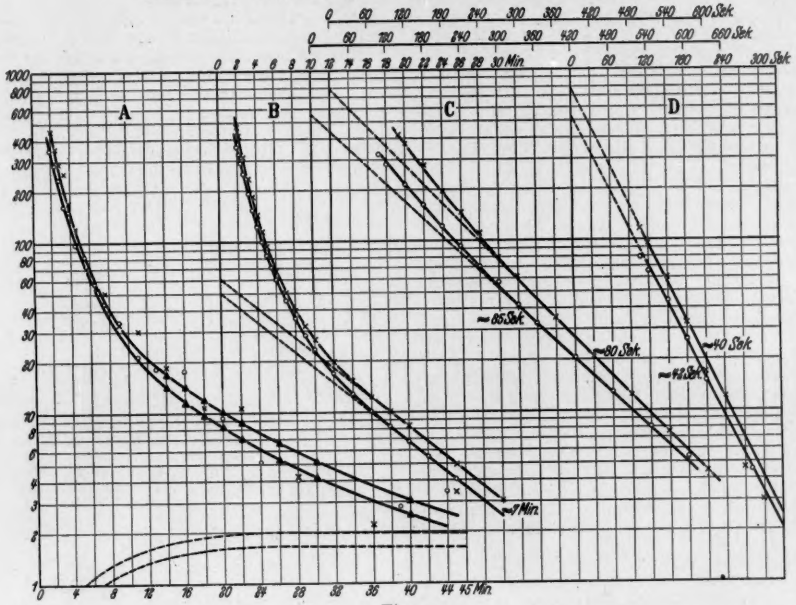


Fig. 4.

Substanzen wurden mit der alkoholischen Zinnchloridlösung versetzt, ein Impfkristall der auszufällenden Verbindung zugesetzt und kräftig gerührt. Der Niederschlag kommt dann sehr schnell, wenn auch nicht schlagartig. Dann wurde durch ein gehärtetes Filter filtriert, mit Äther schnell gewaschen, mit Cellophan

verschlossen und gemessen. Da wegen des Alkohols kein Membranfilter verwendet werden konnte und das gehärtete Filter bei dem sehr schnellen Arbeiten immer noch gewisse Mengen von Feuchtigkeit zurückbehielt, kam zu der eigentlichen Aktivität des Niederschlags noch eine gewisse, von der unter dem Zähler verdampfenden Feuchtigkeit herrührende, scheinbare Aktivität (durch anfängliche Isolationsverschlechterung) hinzu. Daß diese scheinbare Aktivität tatsächlich die angeführte Ursache hat, wurde durch Versuche mit feuchten, aber nicht aktivierten Niederschlägen bewiesen. Bei den direkten Abklingungskurven der Cadmiumbleche ohne Trennung (Fig. 2) war eine solche zusätzliche Aktivität auch nie vorhanden. Sie ist übrigens auf den anfänglichen Verlauf der Abfallskurve praktisch ohne Bedeutung.

Bestrahlt wurde wie bei den Cäsiumversuchen meist wieder je 1 Minute lang. Die erste Messung begann 1,6—1,8 Minuten nach Unterbrechung der Bestrahlung, bei der als Neutronenquelle wieder außer den Radium-Berylliumröhrchen die Neutronen der Hochspannungsanlage des Instituts mitwirkten (Fig. 4). In der Fig. 4 sind 2 Versuche wiedergegeben, bei denen die Meßpunkte auf die anfängliche „Feuchtigkeitsaktivität" korrigiert sind. Der Teil A der Figur bringt dann wieder die direkten experimentellen Punkte für die Aktivitätsabnahme.

Bei einem Vergleich dieser Kurven mit denen der Fig. 3 sieht man zunächst — und dies wurde immer wieder festgestellt —, daß die Strahlungsintensität des Rubidiumzinnchloridniederschlags während der ersten Minuten wesentlich höher ist als die des Cäsiumsilikowolframats. Dies spricht für das Vorhandensein zweier schnell zerfallender Körper beim Rubidiumniederschlag gegenüber dem einen beim Cäsiumniederschlag. Nach 10—12 Minuten sind die Aktivitäten dagegen ungefähr gleich groß. Sie rühren von dem 7-Minuten-Cäsium und dem daraus entstehenden aktiven Barium her. Die für diesen Abfall berechnete Kurve, in der Figur wieder durch Dreiecke eingezeichnet, gibt den experimentell gefundenen Abfall innerhalb der unvermeidlichen Streuungen durchaus befriedigend wieder.

Nach Abzug der in Teil A der Figur gestrichelt gezeichneten 86-Minuten-Anstiegskurven erhält man die ausgeglichenen Kurven des Teils B. Nach Abzug des exponentiellen Abfalls des 7-Minuten-Cäsiums resultieren dann die Kurven des Teils C der Figur. In Übereinstimmung mit den Kurven für die direkten Messungen der Cadmiumbleche (Fig. 2, Teil C), aber im Gegensatz zu denen der Cäsiumfällungen (Fig. 3, Teil C) sind diese Kurven wieder komplex. Der Endverlauf erfolgt wieder mit etwa 80 Sekunden Halbwertszeit! Zieht man diese Aktivität von der Gesamtaktivität der Kurven bei Teil C ab, so erhält man wieder, wie bei Fig. 2, den geradlinigen Abfall für das Cäsium mit einer Halbwertszeit von rund 40 Sekunden.

Das bei den nichtverarbeiteten Cadmiumblechen und den Rubidiumniederschlägen beobachtete Alkalimetall von rund 80 Sekunden Halbwertszeit ist also ein Rubidium-Isotop; es ist mit dem 40-Sekunden-Cäsium verunreinigt, weil das Cäsium mit dem Rubidiumzinnchlorid mitgefällt wird.

VI. Zur Frage nach den Umwandlungsprodukten der beiden schnellen Alkali-Isotope.

Aus dem Cäsium-Isotop von 80 Sekunden muß ein Barium-Isotop entstehen. Wir kennen bei der Uranspaltung bisher die aktiven Barium-Isotope von 14 Minuten, 86 Minuten und 300 Stunden Halbwertszeit. Der 86-Minuten-Körper entsteht bestimmt aus dem 7-Minuten-Cäsium, der 300-Stunden-Körper vermutlich aus dem 33-Minuten-Cäsium. Man konnte also vermuten, daß das 14-Minuten-Barium aus dem 40-Sekunden-Cäsium entsteht. Dies ist aber sicher nicht der Fall. Das 14-Minuten-Barium wurde niemals bei Versuchen mit den Emanationen gefunden; vermutlich ist es ein primäres Spaltprodukt des Urans, dessen anderer Partner ein Krypton ist. Sollte also aus dem 40-Sekunden-Cäsium ein aktives Barium entstehen, dann muß es eine Halbwertszeit von weniger als 30 Sekunden oder viel mehr als 300 Stunden haben, wenn man nicht die unwahrscheinliche Annahme macht, daß es zwei verschiedene Barium-Isotope von ungefähr 300 Stunden Halbwertszeit gibt. In allen anderen Fällen müßten wir es gefunden haben.

Wir kommen nun zu dem Rubidium-Isotop von 80 Sekunden Halbwertszeit. Aus ihm muß ein Strontium-Isotop entstehen. Wie schon anfangs erwähnt, ließ sich bei den Emanationsversuchen sowohl das 6-Stunden-Strontium als auch das 54-Tage-Strontium nachweisen, nicht aber das von LIEBER[1]) aus dem Uran abgeschiedene 7-Minuten-Strontium. Eines von den ersteren ist also vermutlich als die Tochtersubstanz des 80-Sekunden-Rubidiums anzusprechen; es ist aber bisher nicht zu entscheiden, welches von beiden in Frage kommt. Mit einer gewissen Willkür nehmen wir an, daß es das 6-Stunden-Strontium ist. Es bleibt dann allerdings noch die Frage nach der Muttersubstanz des 54-Tage-Strontiums. Bisher wird angenommen, daß das 17-Minuten-Rubidium (s. Tabelle 1) sich in das stabile Strontium vom Atomgewicht 88 umwandelt. Inwieweit diese Annahme nunmehr noch berechtigt ist, können nur weitere Versuche entscheiden.

In den Tabellen 2 und 3 geben wir eine Zusammenstellung der künstlichen Xenon- und Krypton-Isotope und ihrer Umwandlungen, die bisher bei der Uranspaltung nachgewiesen sind. Dabei nehmen wir vorerst noch an, daß das 17-Minuten-Rubidium in keinem genetischen Zusammenhang zum 54-Tage-Strontium

Tabelle 2. Die aktiven Xenon-, Cäsium- und Barium-Isotope.

$$^{54}\mathrm{Xe} \xrightarrow[\text{sehr kurz}]{\beta} {}^{55}\mathrm{Cs} \xrightarrow[40\ \text{Sek.}]{\beta} {}^{56}\mathrm{Ba}\ ?$$

$$^{139}_{54}\mathrm{Xe} \xrightarrow[\text{sehr kurz}]{\beta} {}^{139}_{55}\mathrm{Cs} \xrightarrow[7\ \text{Min.}]{\beta} {}^{139}_{56}\mathrm{Ba} \xrightarrow[86\ \text{Min.}]{\beta} {}^{139}_{57}\mathrm{La}\ \text{stabil}$$

$$^{54}\mathrm{Xe} \xrightarrow[15\ \text{Min.}]{\beta} {}^{55}\mathrm{Cs} \xrightarrow[33\ \text{Min.}]{\beta} {}^{56}\mathrm{Ba} \xrightarrow[300\ \text{Std.}]{\beta} {}^{57}\mathrm{La} \xrightarrow[36\ \text{Std.}]{\beta} {}^{58}\mathrm{Ce}$$

$$^{56}\mathrm{Ba} \xrightarrow[14\ \text{Min.}]{\beta} {}^{57}\mathrm{La} \xrightarrow[2{,}5\ \text{Std.}]{\beta} {}^{58}\mathrm{Ce}$$

Tabelle 3. Die aktiven Krypton-Rubidium- und Strontium-Isotope.

$$^{36}\mathrm{Kr} \xrightarrow[\text{sehr kurz}]{\beta} {}^{37}\mathrm{Rb} \xrightarrow[80\ \text{Sek.}]{\beta} {}^{38}\mathrm{Sr} \xrightarrow[6\ \text{Std.}]{\beta} {}^{39}\mathrm{Y} \xrightarrow[3{,}3\ \text{Std.}]{\beta} \mathrm{Zr}$$

$$^{36}\mathrm{Kr} \xrightarrow[?]{\beta} {}^{37}\mathrm{Rb} \xrightarrow[?]{\beta} {}^{38}\mathrm{Sr} \xrightarrow[54\ \text{Tage}]{\beta} \mathrm{Y}$$

$$^{86}_{36}\mathrm{Kr} \xrightarrow[3\ \text{Std.}]{\beta} {}^{86}_{37}\mathrm{Rb} \xrightarrow[17\ \text{Min.}]{\beta} {}^{88}_{38}\mathrm{Sr}\ \text{stabil?}$$

$$^{38}\mathrm{Sr} \xrightarrow[7\ \text{Min.}]{\beta} \mathrm{Y}$$

[1]) CL. LIEBER, l. c.

steht. Außer den bei den Emanationsversuchen nachgewiesenen Erdalkali-Isotopen geben wir auch die aus dem bestrahlten Uran direkt gefundenen Erdalkalimetalle.

Zusammenfassung.

1. Es wird eine sich aus der „Emanierfähigkeit" (nicht Rückstoßwirkung!) oberflächenreicher Uranverbindungen ergebende Methode zur Gewinnung von Spaltprodukten des Urans beschrieben.

2. Nach dieser Methode wird ein aus einem kurzlebigen Xenon-Isotop entstehendes Cäsium-Isotop von rund 40 Sekunden Halbwertszeit aufgefunden.

3. Entsprechend wird ein aus einem Krypton-Isotop entstehendes Rubidium-Isotop von rund 80 Sekunden Halbwertszeit festgestellt.

4. Es wird nachgewiesen, daß die früher für primäre Spaltprodukte angesehenen Strontium-Isotope von 6 Stunden und 54 Tagen Halbwertszeit ebenfalls aus Krypton-Isotopen (über Rubidium) entstehen; eines davon, wir vermuten, es ist das 6-Stunden-Strontium, entsteht aus dem 80-Sekunden-Rubidium.

Verwendung der „Emanierfähigkeit" von Thoriumhydroxyd zur Gewinnung von Spaltprodukten des Thoriums[1]).

Von Otto Hahn und Fritz Strassmann, Berlin-Dahlem.

In der dieser Mitteilung vorangehenden Arbeit[2]) haben wir eine Methode beschrieben, mit deren Hilfe es auf einfache Weise gelingt, aus oberflächenreichen Uranverbindungen die Zerfallsprodukte der bei der Uranspaltung entstehenden aktiven Edelgase, Xenon und Krypton, frei von Rückstoßteilchen außerhalb der bestrahlten Substanz abzuscheiden. Mit dieser Methode konnte gezeigt werden, daß das von Heyn, Aten und Bakker[3]) aufgefundene kurzlebige Alkalimetall von 1—2 Minuten Halbwertszeit komplex ist und aus einem Cäsium-Isotop von rund 40 Sekunden und einem Rubidium-Isotop von 80 Sekunden Halbwertszeit besteht. Beim Thorium hatten die holländischen Forscher das kurzlebige Alkalimetall nicht gefunden[4]), vermutlich weil die mit dem Gasstrom mitgehende Thoremanation ihren aktiven Niederschlag ThB+C ebenfalls in der Absorptionskohle absetzt und dieser vor der eigentlichen Messung des Alkalimetalls erst abgetrennt werden mußte. Die dabei notwendigerweise verstreichende Zeit war zu lang.

Wir konnten beim Thorium mit größerer Aussicht auf Erfolg die beim Uran festgestellten beiden kurzen Alkalimetalle suchen. Denn einmal gestattet unsere in der vorangehenden Arbeit beschriebene Methode ein wesentlich schnelleres Arbeiten, andererseits haben wir ein Thoriumpräparat, das seit vielen Jahren in regelmäßigen Abständen von Mesothor befreit wurde. Dadurch ist zur Zeit der Gehalt dieses Thors an Thoremanation produzierendem Radiothor auf 1% der Gleichgewichtsaktivität gefallen. Unser Präparat ist also praktisch frei von Radiothor.

Unsere Versuche mit dem Thorium wurden in der gleichen Weise, wie beim Uran beschrieben, durchgeführt. Das Thorium lag vor als hochemanierendes Thorhydroxyd mit einem Thorgehalt von etwa 8 g. Die Radium-Beryllium-Neutronenquelle wurde unmittelbar unter das Hydroxyd gebracht, weil für die Thorspaltung ja schnelle Neutronen notwendig sind. Zum Nachweis der kurzlebigen Alkalimetalle wurde das negativ geladene Cadmiumblech 2—5 Minuten lang in dem Bestrahlungs- und Sammelexsikkator (s. vorige Mitteilung) belassen. Die Messung des Cadmiumbleches wurde 30 Sekunden nach Unterbrechung der Bestrahlung begonnen. Bei 2 Minuten langer Bestrahlung wurden Anfangsaktivitäten von etwa 100 Teilchen pro Minute gezählt. Der Aktivitätsverlauf war ganz genau derselbe wie beim Uran. Die Aktivität setzt sich zusammen aus dem sehr schnellen Zerfall der beiden Alkalimetalle und dem 7-Minuten-Cäsium. ThB+C wurde bei der kurzen Bestrahlung nicht gefunden.

Es wird hier davon abgesehen, eine Abbildung mit der Auswertung der einzelnen Kurventeile zu geben. Sicher war aber das 40-Sekunden-Cäsium sowohl wie das 80-Sekunden-Rubidium vorhanden.

Außer diesen Versuchen wurde dann auch über längere Zeit bestrahlt. In diesen Fällen wurde mittels Schwefelwasserstoff aus der salzsauren Lösung der natürlichen und künstlichen Thorumwandlungsprodukte der nunmehr leicht nachweisbare aktive Niederschlag des Thoriums, das ThB+C, abgetrennt, und dann wurden Strontium-, Yttrium- und Bariumfällungen gemacht. Wir erhielten neben dem 86-Minuten- und 300-Stunden-Barium deutlich auch das vermutlich aus dem 80-Sekunden-Rubidium entstandene 6-Stunden-Strontium und sein daraus entstandenes Yttrium von 3,5 Stunden Halbwertszeit. Das beim Uran außerdem noch gefundene 54-Tage-Strontium haben wir noch nicht gesucht. Die dazu notwendige Bestrahlungsdauer haben wir wegen dauernden Gebrauchs unserer Strahlenquelle für andere Versuche bisher nicht angewandt. Bisher sind also von der Gruppe der Edelgase und ihrer Umwandlungsprodukte bei der Spaltung des Thors die folgenden Substanzen als künstliche „aktive Niederschläge" nachgewiesen:

Cs 40 Sek., Cs 7 Min., Cs 33 Min., Ba 86 Min., Ba 300 Std., La 36 Std., Rb 80 Sek., Rb 17 Min., Sr 6 Std., Y 3,5 Std.

Es besteht kaum ein Zweifel, daß auch das beim Uran nachgewiesene 54-Tage-Strontium sich bei hinreichend langer Bestrahlung wird auffinden lassen.

[1]) Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem. Eingegangen am 16. Januar 1940.

[2]) Otto Hahn u. Fritz Strassmann, Naturwiss. **28**, 54 (1940).

[3]) F. A. Heyn, A. H. W. Aten jun. u. C. J. Bakker, Nature **143**, 516 (1939).

[4]) F. A. Heyn, A. H. W. Aten jun. u. C. J. Bakker, Nature **143**, 679 (1939).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Zur Frage der Beziehungen zwischen Aktivität von Virusprotein und H'-Ionenkonzentration des Mediums.

Bekanntlich haben Stanley und Mitarbeiter für das Problem der Abhängigkeit der Virusaktivität von der H'-Ionenkonzentration einen sehr weiten, von etwa p_H 2,0 bis p_H 10,0 reichenden Aktivitätsbereich gefunden mit der Einschränkung, daß etwa unterhalb p_H 2,5 und oberhalb p_H 8,5 die Aktivität des Tabakmosaikvirus kontinuierlich abnehmen sollte. Wir haben diese Tatsache schon früher dazu be-

nutzt, um in diesen Bereichen verschiedene Viren auf Grund ihres differenten Verhaltens gegen H'-Ionen und OH-Ionen zu trennen.

Variiert man solche Versuche nach der Seite der Viruskonzentration hin, dann ergibt sich (Fig. 1), daß bei 10^{-3} zwei Aktivitätsmaxima auftreten, wovon das eine ziemlich genau im I.E.P. des TM-Virusproteins liegt, während ein zweites bei p_H 7,5, also im Bereich des biologischen Optimums,

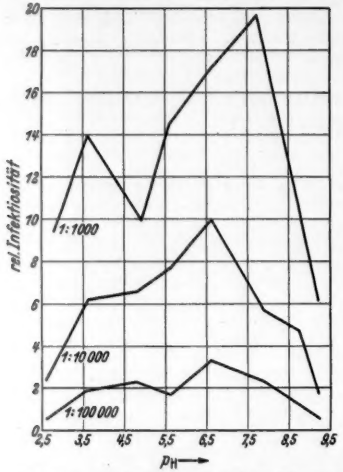


Fig. 1. TM-Virus. p_H-Versuch 25. und 27. IV. 1939. Datura stram. Blatthälftenmethode. Relative Werte. Kontrolle p_H 6,5 1:10000 = rel. Aktivität 10.

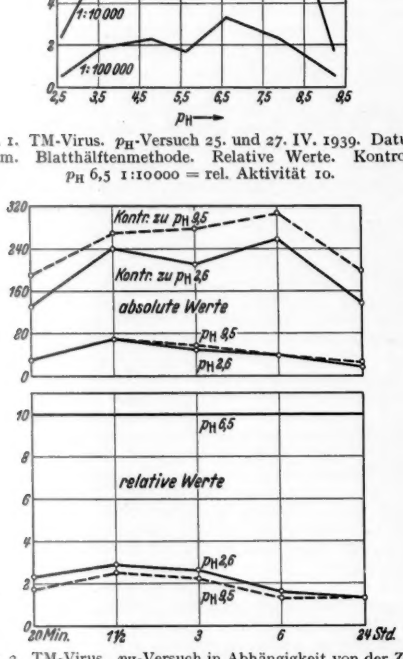


Fig. 2. TM-Virus. p_H-Versuch in Abhängigkeit von der Zeit. Datura stram. Blatthälftenmethode. Kontrolle: p_H 6,5 1:10000 = rel. Aktivität 10.

auftritt. Dieser Befund steht mit der Tatsache, daß im I.E.P. das Löslichkeitsminumum herrscht, scheinbar im Widerspruch. Es ist jedoch sicher, daß in der Konzentration 10^{-3} bei p_H 3,5 nicht alles Protein unlöslich geworden ist, so daß sich die H'-Ionenschädigung nur auf den löslich gebliebenen Anteil der dispersen Phase erstrecken könnte. Das wird deutlich beim Vergleich mit den beiden anderen Kurven 10^{-4} und 10^{-5}, wo die Aktivitätsmaxima bei p_H 3,5 zurückgegangen sind und nur noch das bei p_H 6,5, eben das im physiologisch optimalen Bereich, bestehen blieb.

Zeitabhängig variiert ergibt sich für zwei p_H-Bereiche (Fig. 2) sowohl für absolute als auch für relative Auswertungen, daß für p_H 2,6 und p_H 9,5 schon nach 20 Minuten Einwirken des auf diese Werte eingestellten Lösungsmittels die biologische Aktivität auf das für diese Bereiche typische Minimum abgesunken ist. Danach verlieren Haltbarkeitsversuche über längere Zeit hin in verschieden eingestellten Lösungsmitteln ihren Sinn.

Die naheliegende Frage, ob es sich bei solchen Untersuchungen um Schädigungen am Protein oder der Wirkungszelle im Organismus handelt, kann dadurch mit entschieden werden, daß man sauer bzw. alkalisch eingestellte Lösungen durch realkalisieren oder neutralisieren wieder in den Bereich des biologischen Optimums zurückbringt. Fig. 3 zeigt, daß eine Reaktivierung nur im sauren Bereich gelingt. Und zwar sind hier natürlich die Reaktivierungseffekte um so stärker, je größer die Differenz zwischen den Einstellungspunkten war. Dieser Befund legt nun doch die Vermutung nahe, daß die H'-Ionenwirkung am Virus durch die Wirkung des Zellsaftes paralysiert werden kann. Im Gegensatz dazu wird das Virus im alkalischen Bereich irreversibel geschädigt. Eine Reaktivierung gelingt hier nicht.

Unter der Voraussetzung, daß die Aktivität des Virus eine Eigenschaft des intakten Virusmoleküls ist, müßte

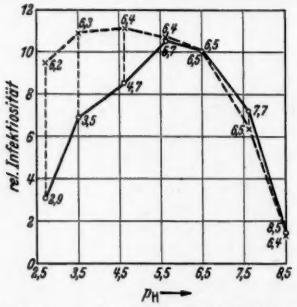


Fig. 3. TM-Virus. p_H-Versuch 17. V. 1939. Datura stram. Blatthälftenmethode. Schwarze Kurve: Inaktivierungsversuch. Rote Kurve: Reaktivierungsversuch. Relative Werte. Kontrolle: p_H 6,5 1:10000 = rel. Aktivität 10.

nach STANLEY diese bei einer H'-Ionenkonzentration zum Verschwinden kommen, die den Zerfall des Moleküls bewirkt. Das ist sicher irreversibel unterhalb p_H 2,0 und oberhalb p_H 7,8 der Fall. Denn elektronenoptisch konnte bei Gelegenheit der Klärung des Mechanismus der Goldeiweißbindung beim Virusprotein nachgewiesen werden, daß auch mit Zunahme der OH-Ionen ein Zerfall der Virusmoleküle eintritt.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt, Dienststelle für Virusforschung, den 19. Dezember 1939.

G. A. KAUSCHE.

Zur Frage der spezifischen Aktivität von pflanzlichem Virusprotein.

Neben dem Problem der chemischen Beschaffenheit der Wirkgruppen am Molekül der hochmolekularen Virusproteine interessiert uns die Beziehung zwischen biologischer Aktivität und den physikalisch-chemischen Zustandsänderungen des Milieus gelöster Virussubstanz. Die bisherigen Untersuchungen über die H'-Ionenwirkung auf die pathogene Aktivität des Tabakmosaikvirusproteins liefen auf Haltbarkeitsversuche in verschieden eingestellten Lösungen oder Puffern hinaus. Dabei zeigte sich, daß die einzelnen Viren natürlich sehr verschieden auf diese Milieuänderungen reagierten und ein und dasselbe Virus in den verschiedenen Bereichen der p_H-Skala stark unterschiedlich reaktionsfähig blieb.

In dem Bestreben, hier Klarheit zu schaffen, haben wir in neuen Versuchsserien danach getrachtet, durch rein

physikalische Zustandsänderungen am gereinigten Virus Verhältnisse zu schaffen, die übersehbar waren und hinsichtlich ihrer Deutung kausal auf bestimmte, schon bekannte Effekte zurückzuführen waren. Schafft man durch hochtouriges Zentrifugieren oder tiefes Einfrieren und Wiederauftauen hochgereinigter Viruslösungen in reinem, mehrfach redestilliertem Wasser die Voraussetzungen zur Veränderung vorhandener Gleichgewichtszustände, dann ergeben sich bei Zentrifugaten für die gelösten Sedimente stärkere Aziditäten, als die dem Virusgehalt entsprechenden Werte der überstehenden Flüssigkeiten. Ebenfalls sind die p_H-Werte gefroren gewesener Lösungen nach dem Auftauen stärker sauer als die Kontrollen. Wie bei den Zentrifugaten,

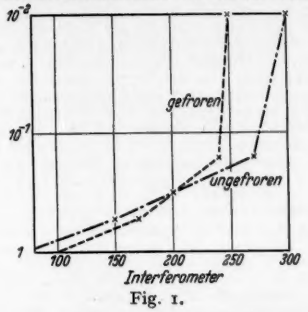


Fig. 1.

treten in Abhängigkeit von der Verdünnung auch bei den Gefrierversuchen p_H-Maxima und -Minima auf. Der Sekundäreffekt besteht bei der Kryolyse am Virus in interferometrisch (Fig. 1) nachweisbaren Veränderungen der Aggregationsgleichgewichte.

Rechnet man die gemessene H·-Ionenkonzentration auf die jeweils experimentell ermittelte Virusproteinmenge um, dann ergibt sich, daß die Infektiosität einer Viruslösung mit steigendem p_H pro Gramm Virusprotein abnimmt. In Fig. 2

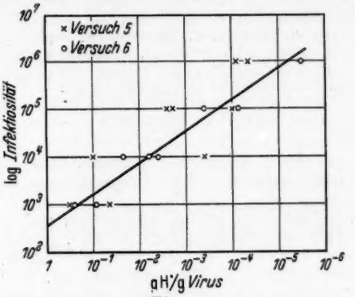


Fig. 2.

sind aus mehreren Versuchsreihen die Quotienten aus g H·-Ionen : g Virusprotein gegen die Pathogenität aufgetragen. Gefroren gewesene Lösungen mit dadurch veränderten p_H-Werten ergaben Infektiositäten, die sich proportional zur H·-Ionenkonzentration/g Viruskonzentration verhielten.

Nach Untersuchungen von F. F. Nord und Mitarbeitern ist beim Gefrieren von reinen Eiweißlösungen bei höheren Konzentrationen eine Aggregation und bei niederem Eiweißgehalt eine Desaggregation zu erwarten. Diese Befunde scheinen sich nach den bisher vorliegenden Erfahrungen auch für das Protein des Tabakmosaikvirus zu bestätigen in dem Sinne, daß je nach der Beschaffenheit der Viruslösung, d. h. ihrem jeweiligen Gleichgewichtszustand, eine sowohl optisch wie auch biologisch nachweisbare Aggregationsveränderung eintritt.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt, Dienststelle für Virusforschung, den 19. Dezember 1939.
G. A. Kausche. L. Holzapfel.

Über Bromstickstoff.

Chlor- und Jodstickstoff sind seit langem bekannt. Ein Bromstickstoff existiert bisher nicht. Das Brom erweist sich also dem Stickstoff gegenüber ebenso passiv wie gegenüber dem Sauerstoff, wo erst ganz kürzlich die Darstellung einiger Oxyde gelang.

Die Existenz von Stickstoff-Brom-Verbindungen in Lösung erscheint für NH_2Br nach Moldenhauer[1]), für $NHBr_2$ nach Coleman[2]) ziemlich sicher erwiesen. Das Azid N_3Br ist in Substanz von Spencer[3]) dargestellt worden.

Bei Untersuchungen über den Verlauf der Reaktion zwischen Ammoniak und Brom gelang es nun, bei tiefen Temperaturen eine Substanz zu fassen, die der Formel

$$NBr_3 \cdot 6\ NH_3$$

entspricht und demnach ein Ammoniakat des lang gesuchten Bromstickstoffs darstellt.

Die Verbindung wird erhalten, wenn Brom und überschüssiges Ammoniak bei Drucken von 1—2 mm in einer Mischfalle bei 20° zusammentreffen. Hierbei reagiert das Gasgemisch unter Bildung von Ammonbromid, das sich in der Falle absetzt. In einem anschließenden U-Rohr, das auf —95° gekühlt wird, scheidet sich ein intensiv purpurroter Körper ab. Ihm kommt die Zusammensetzung $NBr_3 \cdot 6\ NH_3$ zu. Die Analyse wurde vorgenommen durch thermische Zersetzung. Oberhalb von —70° zersetzt sich die Verbindung schlagartig unter Bildung von Stickstoff, Ammoniak und Ammonbromid. Sie wurden getrennt bestimmt (N_2 gasvolumetrisch, NH_3 durch Absorption in konz. Schwefelsäure, Ammonbromid durch Lösen in Wasser und Bestimmung des Broms nach Volhard). Hierbei ergab sich ein Verhältnis

$$N_2 : NH_4Br : NH_3 = 1 : 3 : 2.$$

Dies entspricht der Zersetzungsgleichung

$$NBr_3 \cdot 6\ NH_3 = N_2 + 3\ NH_4Br + 2\ NH_3.$$

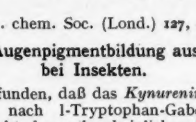
Daß es sich bei dem roten Produkt um ein Ammin des NBr_3 und nicht etwa des elementaren Broms handelt, folgt aus der Tatsache, daß sämtliche Ammine des Broms bei der Zersetzung ein Verhältnis von $N_2 : NH_4Br = 1 : 6$ ergeben müßten, so z. B. $3(Br_2 \cdot 6\ NH_3) = N_2 + 6\ NH_4Br + 10\ NH_3$. Auch Ammoniaksubstitutionsprodukte, wie NH_2Br, $NHBr_2$ und deren Ammoniakate können nicht vorliegen, da bei deren Zersetzung zwar auch für 1 N_2 3 NH_4Br gebildet würden, aber in allen Fällen andere Ammoniakwerte zu erwarten wären. Somit kann das gefundene Produkt lediglich der oben formulierte Bromstickstoff sein. Über weitere Einzelheiten wird demnächst ausführlich an anderer Stelle berichtet werden.

Königsberg i. Pr., Chemisches Institut der Universität, den 8. Januar 1940. Martin Schmeisser.

[1]) Moldenhauer u. Burger, Ber. dtsch. chem. Ges. **62**, 1615 (1929).
[2]) Coleman, Yager u. Soroos, J. amer. chem. Soc. **56**, 965 (1934).
[3]) Spencer, J. chem. Soc. (Lond.) **127**, 216 (1925).

Kynurenin als Augenpigmentbildung auslösendes Agens bei Insekten.

Wir haben gefunden, daß das *Kynurenin*[1]), ein im Harn von Kaninchen nach l-Tryptophan-Gaben auftretendes Stoffwechselprodukt der wahrscheinlichen Konstitution (I),



I.

imstande ist, an der helläugigen *vermilion-(v bw)-Drosophila melanogaster* bzw. an der rotäugigen *a*-Rasse der Mehlmotte *Ephestia kühniella* die für den Gen-abhängigen v^+- (bzw. a^+)-Wirkstoff in bezug auf die Augenausfärbung charakteristischen physiologischen Wirkungen[2]) auszulösen. Auf Injektion einer etwa 1proz. wäßrigen Lösung des Kynurenins in *Ephestia*-Puppen der *a*-Rasse wurden die normalerweise hellorangeroten Augen der Testtiere bis zur tief kaffeebraunen Farbstufe[3]) ausgefärbt; *v bw*-Tiere von *Drosophila melanogaster* zeigen ein grundsätzlich gleiches Verhalten; bei ihnen ist die Ausfärbung der Augen sowohl durch Injektion von Kynu-

renin in die junge Puppe als auch nach Zugabe von Kynurenin zum Nährboden der Larven zu erzielen. Die Festlegung der Grenzdosen an Kynurenin, mit denen diese Reaktionen auszulösen sind, muß in weiteren Versuchsreihen erfolgen. Zu den vorstehenden Befunden gelangten wir auf folgendem Wege:

1. Systematische Versuche zur Anreicherung des in Extrakten aus Schmeißfliegenpuppen (*Calliphora erythrocephala*) enthaltenen[4]) Augenpigment bildenden Wirkstoffes führten uns zu hochwirksamen Konzentraten, aus deren Verhalten sich folgende Eigenschaften für den gesuchten Stoff ermitteln ließen: Es liegt ein bis 100° völlig hitzestabiler, gegen verdünnte Säuren weitgehend beständiger Stoff vor, der in Wasser, 95proz. Alkohol und verdünntem Aceton leicht, in reinem Aceton schwer löslich und in Lipoidlösungsmitteln unlöslich ist[5]). Er ist dialysabel, zeigt einen isoelektrischen Punkt um p_H 6, läßt sich in schwach saurem Gebiet besonders leicht mit Butanol aus seiner wäßrigen Lösung ausschütteln und ist mit Phosphorwolframsäure fällbar. Aus dieser Fällung läßt er sich regenerieren. Zu gleichartigen Ergebnissen sind vor uns Tatum und Beadle[6]) bei der Untersuchung des Pigment bildenden Wirkstoffes aus *Drosophila*-Puppen-Extrakten gelangt, und Khouvine und Ephrussi[4]) ermittelten für den Wirkstoff aus *Calliphora*-Puppen ähnliche Löslichkeits- und Fällungseigenschaften. Von besonderer Bedeutung für die weitere Charakterisierung der vorliegenden Verbindung wurden die Beobachtungen, daß hochgereinigte Konzentrate beim Erwärmen mit verdünntem Alkali unter Wirksamkeitsverlust einen an o-Amino-acetophenon erinnernden Jasmingeruch aufweisen, und daß mit Sauerstoff eine langsame Zerstörung der physiologischen Wirksamkeit unter starker Vertiefung der normalerweise vorhandenen hellgelben Färbung der Lösung eintritt.

2. Tatum[7]) gelang die Feststellung, daß es gewisse, von ihm nicht identifizierte Bakterien gibt, die in Gegenwart von Tryptophan einen Stoff bereiten, der die physiologischen Wirkungen des „*v*+-Hormons" in bezug auf die Augenausfärbung bei *Drosophila* besitzt und in seinen Eigenschaften dem Wirkstoff aus *Drosophila*-Extrakten ähnlich ist. Im Anschluß an diese wichtige Beobachtung konnten wir den Befund erheben, daß das seit 2 Jahren im Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie gezüchtete, durch eine spezifische dehydrierende Wirkung auf Steroidhormone gekennzeichnete *Coryne-Bakterium mediolanum*[8]) imstande ist, auf Agarnährböden oder in Hefewasser bei 37° unter aeroben Bedingungen einen die Augenpigmentbildung auslösenden Stoff zu bereiten unter der Voraussetzung, daß Tryptophan zugegen ist. Alle physiologischen und chemischen Eigenschaften des von den Bakterien gebildeten Wirkstoffes sind identisch mit denen des in *Calliphora*-Extrakten nachgewiesenen Inhaltsstoffes.

3. Die sich aus diesen Versuchen ergebende Vorstellung, daß der gesuchte Wirkstoff ein Abwandlungsprodukt des Tryptophans sein könnte, veranlaßte uns zur physiologischen Prüfung einiger Tryptophanderivate. Im Verlauf dieser Untersuchungen wurde die Wirksamkeit des Kynurenins entdeckt. Da die Wirkung weitgehend spezifisch zu sein scheint und alle Kennzeichen des Kynurenins sich mit den bisher bekannten Eigenschaften des natürlich vorkommenden Wirkstoffes aus *Calliphora*-, *Drosophila*- und *Ephestia*-Extrakten decken, halten wir es für wahrscheinlich, daß im Kynurenin der natürliche Pigment bildende Stoff vorliegt. Diese Frage soll durch Versuche zur Isolierung des Kynurenins aus *Calliphora*-Konzentraten endgültig beantwortet werden. Im Anschluß daran ist zu untersuchen, welche Beziehungen zwischen dem sich in der natürlichen Entwicklungskette nach dem *v*+-Stoff einschiebenden und wahrscheinlich aus ihm entstehenden *cn*+-Stoff, der die Augenausfärbung der *Drosophila*-Mutation *cinnabar* (*cn*) bedingt[9]), und dem Kynurenin bestehen.

Die chemische Untersuchung der Faktoren, die die Pigmentbildung der Insektenaugen bewirken, hat entwicklungsphysiologische Bedeutung für die Frage nach der Verknüpfung von Gen und Außenmerkmal. Ob das nur in Gegenwart eines bestimmten Gens im Organismus unserer Versuchstiere auftretende Kynurenin eine Pigmentvorstufe ist und in den Farbstoff eingebaut wird[9]), oder ob ihm die Wirkungen eines Biokatalysators („Genhormons") zukommen, muß in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie und Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Abt. Kühn, den 16. Januar 1940.

Adolf Butenandt. Wolfhard Weidel. Erich Becker.

[1]) Zusammenfassung: Kotake, Erg. Physiol. **37**, 245 (1935).
[2]) Zusammenfassung: Becker, Naturwiss. **26**, 433 (1938).
[3]) Vgl. Kühn, Z. indukt. Abstammgslehre **73**, 419 (1937).
[4]) Khouvine, Ephrussi, C. r. Soc. Biol. Paris **124**, 885 (1937).
[5]) Vgl. Becker u. Plagge, Biol. Zbl. **59**, 326 (1939).
[6]) Tatum u. Beadle, J. gen. Physiol. **22**, 239 (1938).
[7]) Tatum, Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **25**, 486 (1939).
[8]) Mamoli, Ber. dtsch. chem. Ges. **72**, 1863 (1939).
[9]) Vgl. Becker, Biol. Zbl. **59**, 597 (1939).

Besprechungen.

KRUSE, W., **Die Wissenschaft von den Sternen.** Ein Überblick über Forschungsmethoden und -ergebnisse der Fixsternastronomie. (Verständliche Wissenschaft, Bd. 43.) Berlin: Julius Springer 1939. XIII, 180 S. und 101 Abbild. 11 cm × 18 cm. Preis geb. RM 4.80.

Ein in jeder Hinsicht ausgezeichnetes Büchlein. In einem so anregenden Plauderton die schwierigsten Dinge klarzumachen, ohne im geringsten dabei überlegen-lehrhaft zu wirken, ist eine Leistung, der man volle Anerkennung zollen muß und die man nur als Vorbild hinstellen kann. Auswahl und Einteilung des Stoffes lassen nichts zu wünschen übrig. Selbst der Fachmann wird mit Genuß nicht nur blättern sondern wirklich lesen, und wird seine helle Freude haben an den mit Liebe und Sorgfalt ausgewählten Bildern und Zeichnungen. Er wird mit besonderer Genugtuung feststellen, daß bei den Bildern nicht zurückgegriffen ist auf die immer wieder sonst zu findenden Aufnahmen amerikanischer Sternwarten, sondern daß das schöne Archiv der Hamburger Sternwarte weitgehend ausgenützt worden ist. Bei den Zeichnungen und tabellarischen Übersichten erfreut die Einfachheit und die weise Beschränkung auf das jeweils für das Verständnis Wesentliche. Aus dem Ganzen spricht nicht zuletzt zu dem aufnahmefähigen Leser eine hohe Auffassung von der Aufgabe der Wissenschaft und eine tiefe Bescheidenheit vor der Größe der Natur.

Ein kleines Versehen sei angemerkt, weil es das Verständnis erschweren kann: die Abb. 33 steht auf dem Kopf, so daß die Angaben links und rechts, oben und unten im Text je zu vertauschen sind. Auf S. 89 ist der Durchmesser der Erdbahn zu 215 statt 107 Sonnendurchmesser angegeben.

Hans Kienle, Potsdam.

Astronomischer Kalender der Wiener Universitäts-Sternwarte 1940. 3. Serie, 2. Jahrgang. Wien: Kommissionsverlag Gerold & Co. XII, 127 S. und 1 Abbild. 23 cm × 25 cm. Preis kart. RM 2.—.

Der von der Wiener Universitäts-Sternwarte herausgegebene astronomische Kalender, dessen voriger Jahrgang bereits an dieser Stelle besprochen wurde [Naturwiss. **26**, 844 (1938)], ist gegenüber dem Vorjahr durch ein „Bürgerliches Kalendarium", das die gesetzlichen Feiertage und die nationalen Gedenktage enthält, sowie durch eine Tafel der Mondlibration erweitert worden. Das wohlfeile und inhaltsreiche astronomische Jahrbuch, das in erster Linie für den Liebhaberastronomen bestimmt ist, kann jedem Sternfreund auf das wärmste empfohlen werden.

H. Lambrecht, Breslau.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.